

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 2 月    4 日  
Date of Application:

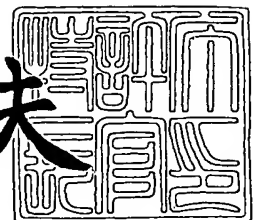
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 5 2 8 1 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 5 2 8 1 9 ]

出      願      人                      株 式 会 社 東 芝  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 APB024018

【提出日】 平成14年12月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/08  
G03F 5/24  
H01L 21/027

【発明の名称】 レチクルセット、レチクルセットの設計方法、露光モニタ方法、レチクルセットの検査方法及び半導体装置の製造方法

【請求項の数】 22

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
                                横浜事業所内

    【氏名】 浅野 昌史

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
                                横浜事業所内

    【氏名】 藤澤 忠仁

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
                                横浜事業所内

    【氏名】 田中 聡

【特許出願人】

    【識別番号】 000003078

    【氏名又は名称】 株式会社 東芝

## 【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レチクルセット、レチクルセットの設計方法、露光モニタ方法、レチクルセットの検査方法及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び前記回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを有する第1のフォトマスクと、

前記第1のフォトマスクに合わせたとき、前記回路パターンが占める領域内で、前記第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び前記第1の遮光部の一端に重なり前記回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンが配置された第2のフォトマスク

とを備えることを特徴とするレチクルセット。

【請求項 2】 前記第1の開口部と前記第2の開口部を透過する露光光の位相が互いに180度異なることを特徴とする請求項1に記載のレチクルセット。

【請求項 3】 前記モニタマークの1部が、後工程で回路パターンが配置される位置に配置されることを特徴とする請求項1又は2に記載のレチクルセット。

【請求項 4】 前記モニタマークが、前記第1のフォトマスクの露光条件のモニタマーク、及びフォトマスク検査用のモニタマークのうち少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のレチクルセット。

【請求項 5】 前記露光条件のモニタマークが、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び前記転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つを備えることを特徴とする請求項4に記載のレチクルセット。

【請求項 6】 前記フォトマスク検査用のモニタマークが、透過露光光の位相の差を検査する位相差モニタマーク、露光光の透過率を検査する透過率モニタマーク及びマスクパターンの寸法を検査する寸法モニタマークのうち少なくとも一つを備えることを特徴とする請求項4に記載のレチクルセット。

【請求項 7】 第 1 のフォトマスクに、線状の第 1 の遮光部を挟んで隣接して配置された第 1 及び第 2 の開口部を有する回路パターン、及び前記回路パターンの近傍にモニタマークを形成するステップと、

第 2 のフォトマスクに、前記第 1 のフォトマスクに合わせたとき、前記回路パターンが占める領域内で、前記第 1 の遮光部を覆う第 2 の遮光部、及び前記第 1 の遮光部の一端に重なり前記回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを形成するステップ

とを含むことを特徴とするレチクルセットのパターン設計方法。

【請求項 8】 前記モニタマークが、前記第 1 のフォトマスクの露光条件のモニタマーク、及びフォトマスク検査用のモニタマークのうち少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 7 に記載のレチクルセットのパターン設計方法。

【請求項 9】 前記露光条件のモニタマークが、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び前記転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つを備えることを特徴とする請求項 8 に記載のレチクルセットのパターン設計方法。

【請求項 10】 前記フォトマスク検査用のモニタマークが、透過露光光の位相の差を検査する位相差モニタマーク、露光光の透過率を検査する透過率モニタマーク及びマスクパターンの寸法を検査する寸法モニタマークのうち少なくとも一つを備えることを特徴とする請求項 8 に記載のレチクルセットのパターン設計方法。

【請求項 11】 第 1 の露光過程で、回路の配線の細線部を転写して配線レジストマスクをフォトレジスト膜上に形成するステップと、

前記配線が形成される領域内において第 2 の露光過程で露光される位置で、前記配線レジストマスクの近傍に露光条件のモニタマークを転写してモニタレジストパターンを前記フォトレジスト膜上に形成するステップと、

前記モニタレジストパターンより前記第 1 の露光過程の露光条件を測定するステップ

とを含むことを特徴とする露光モニタ方法。

【請求項 12】 前記モニタレジストパターンが、前記フォトレジスト膜の現像後に形成されることを特徴とする請求項 11 に記載の露光モニタ方法。

【請求項 13】 前記モニタレジストパターンは、前記フォトレジスト膜が露光されて形成されたレジスト潜像であることを特徴とする請求項 11 に記載の露光モニタ方法。

【請求項 14】 前記露光条件が、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び前記転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つから転写される前記モニタレジストパターンから測定されることを特徴とする請求項 11～13 のいずれか 1 項に記載の露光モニタ方法。

【請求項 15】 透明基板上の遮光材料膜に塗布されたレジスト膜に、回路パターン及びフォトマスク検査用のモニタマークを描画してレジストマスクを形成し、前記レジストマスクを用いて前記遮光材料膜を加工して、線状の第 1 の遮光部を挟んで隣接して配置された第 1 及び第 2 の開口部を有する前記回路パターン、及び前記回路パターンの近傍に配置された前記モニタマークを有する第 1 のフォトマスクを形成する工程と、

前記モニタマークを用いて前記第 1 のフォトマスクの検査を行う工程  
とを含むことを特徴とするレチクルセットの検査方法。

【請求項 16】 前記モニタマークが、第 2 のフォトマスクにより前記モニタマークの転写された領域が露光される前記第 1 のフォトマスクの位置に配置されることを特徴とする請求項 15 に記載のレチクルセットの検査方法。

【請求項 17】 前記フォトマスクの検査が、透過した露光光の位相の差を検査する位相差モニタマーク、露光光の透過率を検査する透過率モニタマーク及びマスクパターンの寸法を検査する寸法モニタマークのうち少なくとも一つを用いて行われることを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載のレチクルセットの検査方法。

【請求項 18】 半導体基板の下地膜上に、第 1 のフォトレジスト膜を塗布する工程と、



第1の露光過程で前記第1のフォトリジスト膜に前記第1のフォトマスクから、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び前記回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを転写し、配線レジストマスク及びモニタレジストパターンを形成する工程と、

前記配線レジストマスク及び前記モニタレジストパターンをマスクとして前記下地膜を加工し、回路の配線の細線部及びモニタ下地膜を形成する工程と、

前記細線部及び前記モニタ下地膜が形成された前記半導体基板上に第2のフォトリジスト膜を塗布する工程と、

第2の露光過程で前記第2のフォトリジスト膜に第2のフォトマスクから、前記第1のフォトマスクに合わせたとき、前記回路パターンが占める領域内で、前記第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び前記第1の遮光部の一端に重なり前記回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを露光し、前記モニタ下地膜を除去し前記配線を転写する工程

とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項19】 前記モニタマークが転写された前記モニタレジストパターンを用いて前記第1の露光過程の露光条件を測定する工程を、更に含むことを特徴とする請求項18に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】 前記露光条件が、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び前記転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つから転写される前記モニタレジストパターンから測定されることを特徴とする請求項19に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】 半導体基板の下地膜上に、フォトリジスト膜を塗布する工程と、

第1の露光過程で前記フォトリジスト膜に第1のフォトマスクから、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び前記回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを転写し、配線レジスト潜像及びモニタレジスト潜像を形成する工程と、





第2の露光過程で、前記第1の露光過程で露光した前記フォトリソレジスト膜に第2のフォトリソマスクから、前記第1のフォトリソマスクに合わせたとき、前記回路パターンが占める領域内で、前記第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び前記第1の遮光部の一端に重なり前記回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを露光して、前記モニタレジスト潜像を除去し前記配線レジスト潜像より配線を転写する工程

とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項22】 前記モニタマークが転写されたモニタレジスト潜像を用いて前記第1の露光過程の露光条件を測定する工程を、更に含むことを特徴とする請求項21に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、2重露光工程に用いるレチクルセットに関する。さらには、そのレチクルセットの設計方法、レチクルセットを用いた露光モニタ方法、レチクルセットの検査方法、及び半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、複数回の露光過程を必要とする多重露光法が、微細加工技術の一つとして注目されている。半導体装置の性能は、配線パターンの寸法に大きく支配されている。このため、多重露光法を用いる工程において寸法精度を向上させるための制御パラメータを、より高精度に制御することが求められている。多重露光法を用いる場合、通常は各露光過程に対してそれぞれ露光条件を求めて、求めた露光条件で各露光過程を行って多重露光を実施している。

【0003】

フォトリソグラフィ工程は、露光装置を用いてレジスト膜を塗布した半導体基板上に半導体回路パターンの転写を行う工程である。縮小投影露光装置を用いたパターン形成において、露光装置の解像力は、露光光の波長 $\lambda$ に比例し、開口数NAに反比例する。したがって、半導体装置の微細化の要求に対して、これまでは

露光波長の短波長化、投影レンズの高NA化とそれに伴ったプロセス改善が行われてきた。しかしながら、近年の半導体装置のさらなる微細化要求に対しては、露光量裕度および焦点深度の確保が極めて困難となってきている。このため、少ない露光マージンを有効に活用し、歩留まりの低下を招くことなく、加工寸法精度の向上を図るために、より高精度な露光量およびフォーカス管理が求められている。

#### 【0004】

露光量管理については、使用する縮小投影露光装置において半導体基板上で解像しないピッチで、透過部と遮光部の寸法比を一方向に連続的に変えたパターンを配置したレチクルセットにより、露光量に傾斜分布を持たせて露光する露光量モニタ法の提案がなされている（特許文献1参照）。また、フォーカス管理については、相互に位相差がある菱形パターンがデフォーカスに対して異なるパターン寸法特性を示すことよりフォーカスモニタを行う方法が提案されている（特許文献2参照）。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開2000-310850号公報（第5-9頁、第1図）

#### 【0006】

##### 【特許文献2】

特開2001-100392号公報（第4-6頁、第1図）

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、微細加工においては、半導体装置のパターン寸法の加工精度や均一性を求めるために、フォトリソグラフィの露光条件を高精度に制御することが重要となる。そのために、露光領域内に位置検出マーク、寸法モニタマーク、露光量モニタマークあるいはフォーカスモニタマーク等のモニタマークを多数配置し、大量にデータを取得、解析することが必要である。しかしながら、半導体回路パターンが高密度に描画されたレチクルセット上では、レイアウトの制約から、スクライブライン等の限られた領域にのみモニタマークが配置される。そ

のため、実際の半導体集積回路製造プロセスにおいては、露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報等の取得は困難である。このように、従来のモニタマークの配置では、微細加工精度向上という目的に対して、障害となる。

【0008】

本発明では、このような課題を解決し、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットを提供することを目的とする。

【0009】

本発明の他の目的は、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットの設計方法を提供することにある。

【0010】

本発明の他の目的は、2重露光工程における露光条件を高精度にモニタすることができる露光モニタ方法を提供することにある。

【0011】

本発明の更に他の目的は、レチクルセット製造の高精度な管理を行うレチクルセットの検査方法を提供することにある。

【0012】

本発明の更に他の目的は、2重露光工程における露光条件を高精度にモニタするレチクルセットを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の第1の特徴は、(イ)線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを有する第1のフォトマスクと、(ロ)第1のフォトマスクに合わせたとき、回路パターンが占める領域内で、第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び第1の遮光部の一端に重なり回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンが配置された第2のフォトマスクとを備えるレチクルセットであることを要旨とする。

【0014】

本発明の第1の特徴によれば、露光モニタマークを配線の回路パターンの近傍



に配置することができるため、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットを提供することができる。

#### 【0015】

本発明の第1の特徴において、第1の開口部と第2の開口部を透過する露光光の位相が互いに180度異なるようにして、レベンソン型位相シフトマスクにすることが好ましい。また、モニタマークの1部を、他の工程により回路の他の配線の回路パターンが配置される位置に配置することにより、全露光領域に渡り露光条件のモニタができる。

#### 【0016】

本発明の第2の特徴は、(イ)第1のフォトマスクに、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び回路パターンの近傍にモニタマークを形成するステップと、(ロ)第2のフォトマスクに、第1のフォトマスクに合わせたとき、回路パターンが占める領域内で、第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び第1の遮光部の一端に重なり回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを形成するステップとを含むレチクルセットのパターン設計方法であることを要旨とする。

#### 【0017】

本発明の第2の特徴によれば、露光モニタマークを配線の回路パターンの近傍に配置することができるため、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットのパターン設計方法を提供することができる。

#### 【0018】

本発明の第1及び第2の特徴において、モニタマークが、第1のフォトマスクの露光条件のモニタマーク、及びフォトマスク検査用のモニタマークのうち少なくとも一方を含むことが好ましい。また、露光条件のモニタマークが、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つを備えることが好ましい。更に、フォトマスク検査用のモニタマークが、透過露光

光の位相の差を検査する位相差モニタマーク、露光光の透過率を検査する透過率モニタマーク及びマスクパターンの寸法を検査する寸法モニタマークのうち少なくとも一つを備えることが好ましい。

#### 【0019】

本発明の第3の特徴は、(イ)第1の露光過程で、回路の配線の細線部を転写して配線レジストマスクをフォトレジスト膜上に形成するステップと、(ロ)配線が形成される領域内において第2の露光過程で露光される位置で、配線レジストマスクの近傍に露光条件のモニタマークを転写してモニタレジストパターンをフォトレジスト膜上に形成するステップと、(ハ)モニタレジストパターンより第1の露光過程の露光条件を測定するステップとを含む露光モニタ方法であることを要旨とする。ここで、上記した(イ)と(ロ)のステップは同時でも別々でもよい。

#### 【0020】

本発明の第3の特徴によれば、第2の露光過程で露光される位置にモニタレジストパターンを形成するため、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタすることができる露光モニタ方法を提供することができる。

#### 【0021】

本発明の第3の特徴において、モニタレジストパターンが、フォトレジストの現像後に形成されてもよい。また、モニタレジストパターンは、フォトレジストが露光されて形成されたレジスト潜像であってもよい。更に、露光条件が、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つから転写されるモニタレジストパターンから測定されることが好ましい。

#### 【0022】

本発明の第4の特徴は、(イ)透明基板上の遮光材料膜に塗布されたレジスト膜に、回路パターン及びフォトマスク検査用のモニタマークを描画してレジストマスクを形成し、レジストマスクを用いて遮光材料膜を加工して、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン

、及び回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを有する第1のフォトマスクを形成する工程と、(ロ) モニタマークを用いて第1のフォトマスクの検査を行う工程とを含むレチクルセットの検査方法であることを要旨とする。

#### 【0023】

本発明の第4の特徴によれば、レチクルセット製造の高精度な管理を行うレチクルセットの検査方法を提供することができる。

#### 【0024】

本発明の第4の特徴において、モニタマークが、2重露光工程の第2の露光過程で用いる第2のフォトマスクにより、モニタマークの転写された領域が露光される第1のフォトマスクの位置に設けられることが好ましい。また、フォトマスクの検査が、透過した露光光の位相の差を検査する位相差モニタマーク、露光光の透過率を検査する透過率モニタマーク及びマスクパターンの寸法を検査する寸法モニタマークのうち少なくとも一つを用いて行われることが好ましい。

#### 【0025】

本発明の第5の特徴は、(イ) 半導体基板の下地膜上に、第1のフォトレジスト膜を塗布する工程と、(ロ) 第1の露光過程で第1のフォトレジスト膜に第1のフォトマスクから、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを転写し、配線レジストマスク及びモニタレジストパターンを形成する工程と、(ハ) 配線レジストマスク及びモニタレジストパターンをマスクとして下地膜を加工し、回路の配線の細線部及びモニタ下地膜を形成する工程と、(ニ) 細線部及びモニタ下地膜が形成された半導体基板上に第2のフォトレジスト膜を塗布する工程と、(ホ) 第2の露光過程で第2のフォトレジスト膜に第2のフォトマスクから、第1のフォトマスクに合わせたとき、回路パターンが占める領域内で、第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び第1の遮光部の一端に重なり回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを露光し、モニタ下地膜を除去し配線を転写する工程とを含む半導体装置の製造方法であることを要旨とする。

#### 【0026】

本発明の第5の特徴によれば、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタする半導体装置の製造方法を提供することができる。

#### 【0027】

本発明の第4の特徴において、モニタマークが転写されたモニタレジストパターンを用いて第1の露光過程の露光条件を測定する工程を、更に含むことが好ましい。また、露光条件が、転写パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク、露光量をモニタする露光量モニタマーク、投影光学系のフォーカスをモニタするフォーカスモニタマーク、及び転写パターンの合わせずれをモニタするアライメントマークのうち少なくとも一つから転写されるモニタレジストパターンから測定されることが好ましい。

#### 【0028】

本発明の第6の特徴は、(イ)半導体基板の下地膜上に、フォトレジスト膜を塗布する工程と、(ロ)第1の露光過程でフォトレジスト膜に第1のフォトマスクから、線状の第1の遮光部を挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部を有する回路パターン、及び回路パターンの近傍に配置されたモニタマークを転写し、配線レジスト潜像及びモニタレジスト潜像を形成する工程と、(ハ)第2の露光過程で、第1の露光過程で露光したフォトレジスト膜に第2のフォトマスクから、第1のフォトマスクに合わせたとき、回路パターンが占める領域内で、第1の遮光部を覆う第2の遮光部、及び第1の遮光部の一端に重なり回路パターンが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンを露光して、モニタレジスト潜像を除去し配線レジスト潜像より配線を転写する工程とを含む半導体装置の製造方法であることを要旨とする。

#### 【0029】

本発明の第6の特徴によれば、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタする半導体装置の製造方法を提供することができる。

#### 【0030】

本発明の第6の特徴において、モニタマークが転写されたモニタレジスト潜像を用いて第1の露光過程の露光条件を測定する工程を、更に含むことが好ましい。

## 【0031】

## 【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の第1～第3の実施の形態について説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には同一または類似の符号が付してある。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

## 【0032】

## (第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係る多重露光として、一般的に用いられているレベンソン型位相シフトマスクとトリムマスクを併用して用いる2重露光方法により説明する。この2重露光方法は、高い解像度を有するがレイアウトに制約のあるレベンソン型位相シフトマスクから回路パターンを露光し、所定の回路レイアウトに対し不必要なパターンをトリムパターンにより消去することから成り立っている。

## 【0033】

本発明の第1の実施の形態に係るレチクルセットにおいては、図1及び図2に示すように、第1の露光過程で用いる第1のフォトマスク5に回路パターン10a～10cを露光するレベンソン型位相シフトマスクが配置され、第2の露光過程で用いる第2のフォトマスク6にトリムパターン14a～14cが配置されている。第1のフォトマスク5には、後工程において新たな回路パターンが配置される領域に、各種の露光モニタマークを含むモニタマーク部20が配置されている。

## 【0034】

第1のフォトマスク5は、図1(a)に示すように、合成石英等の透明基板3の表面にクロム(Cr)等の金属膜あるいは酸化クロム(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等の金属化合物膜を含む遮光性材料膜の遮光膜9が設けられている。例えば、半導体素子



のゲート配線等の回路パターン 10 a ~ 10 c は、遮光膜 9 に設けられた矩形の第 1 の開口部 11 a ~ 11 c と矩形の第 2 の開口部 12 a ~ 12 c と、第 1 及び第 2 の開口部 11 a ~ 11 c、12 a ~ 12 c により挟まれた線状の第 1 の遮光部 13 a ~ 13 c とを有する。モニタマーク部 20 には、露光パターンの寸法をモニタする寸法モニタマーク 21、露光量をモニタする露光量モニタマーク 22、あるいは露光パターンのフォーカスをモニタする第 1 のフォーカスモニタマーク 23 及び第 2 のフォーカスモニタマーク 24 からなるフォーカスモニタマーク 28 等の各種の露光モニタマークが配置されている。

#### 【0035】

回路パターン 10 a ~ 10 c は、レベンソン型位相シフトマスクである。図 1 (b) に第 1 のフォトマスク 5 の A-A 断面を示すように、例えば、回路パターン 10 a では、第 2 の開口部 12 a は、遮光膜 9 を有する表面側から透明基板 3 が掘り込まれ、第 1 の開口部 11 a を透過する露光光に対して位相を 180 度シフトさせている。したがって、第 1 の開口部 11 a 及び第 2 の開口部 12 a を透過する露光光により第 1 の遮光部 13 a を半導体基板に転写する場合、第 1 の遮光部 13 a 下への回折光が打ち消されるため、半導体基板上にパターンが解像される。回路パターン 10 a の近傍には、例えば、遮光部 21 a ~ 21 e が格子状に配列された寸法モニタ 21 等が配置されている。

#### 【0036】

第 2 のフォトマスク 6 は、図 2 (a) に平面図、図 2 (b) に B-B 断面図を示すように、合成石英基板等の透明基板 3 a の表面に Cr 等の金属膜や Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等の金属化合物膜を含む遮光性材料膜のトリムパターン 14 a ~ 14 c が設けられている。トリムパターン 14 a ~ 14 c は、配線の一部となる外延部 15 a ~ 15 c と、外延部 15 a ~ 15 c に接続された第 2 の遮光部 16 a ~ 16 c からなる。第 2 の遮光部 16 a ~ 16 c のパターン幅は、露光装置の限界解像度寸法より十分広くしてある。ここで、露光光波長を  $\lambda$ 、投影レンズのレンズ開口数を NA、照明光学系のコヒーレンスファクタを  $\sigma$  とすると、露光装置の限界解像度は、 $\lambda / \{NA \cdot (1 + \sigma)\}$  となる。

#### 【0037】

第1のフォトマスク5及び第2のフォトマスク6のマスク合わせについて、図3を用いて説明する。図3に示すように、第1の遮光部13a～13cはトリムパターン14a～14cの第2の遮光部16a～16cにより覆われるように合わされる。第2の遮光部16a～16cの外縁は、回路パターン10a～10cの第1及び第2の開口部11a～11c、12a～12cの外縁で囲まれる領域内に収まるように設計されている。更に、トリムパターン14a～14cの外延部15a～15cは、第1の遮光部13a～13cの一端に重なるように設計されている。寸法モニタマーク21、露光量モニタマーク22、第1及び第2のフォーカスモニタマーク23、24等を含むモニタマーク部20は、回路パターン10a～10c及びトリムパターン14a～14cの近傍で、且つ、回路パターン10a～10c及びトリムパターン14a～14cとは重ならない領域に配置されている。

#### 【0038】

本発明の第1の実施の形態に係るレチクルセットによれば、第1の露光過程でモニタマーク部20に配置された各種の露光モニタマークが転写されたパターンは、第2の露光過程で露光されて除去される。したがって、第1のフォトマスク5には、各種の露光モニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン10a～10cの近傍に多数配置することができる。このため、半導体装置が形成される露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報が取得でき、2重露光工程における露光条件を高精度に制御することが可能となる。

#### 【0039】

本発明の第1の実施の形態の2重露光工程の説明に用いる露光装置50は、図4に示すような縮小投影露光装置（ステッパ）で、縮小比は1：4としている。光源41、シャッタ42及び照明レンズ系44により照明光学系40が構成されている。光源41として、波長 $\lambda$ ：248nmのクリプトンフロライド（KrF）エキシマレーザを用いている。照明レンズ系44には、フライアイレンズ及びコンデンサレンズが含まれる。照明光学系40の干渉性を表わすコヒーレンスファクタ $\sigma$ は、0.75である。投影光学系46は、投影レンズと瞳絞り等により

構成されている。投影レンズのレンズ開口数NAは、0.68である。露光光Bは、ステージ48上の半導体基板1に、照明光学系40と投影光学系46との間に設置されたレチクルセットのレチクル4のパターンを縮小投影する。レチクル4は、第1のフォトマスク5又は第2のフォトマスク6のいずれかである。例えば、1枚のレチクル4の2分割された領域に、第1及び第2のフォトマスク5、6が配置されたレチクルセットであってもよい。あるいは、レチクル4として第1及び第2のフォトマスク5、6が個別の透明基板に配置されたレチクルセットであってもよい。ショット当りの露光範囲は、略 $23 \times 30$  mm角である。なお、説明の便宜上、露光装置50の縮小比を1:4としているが、任意の縮小比でもよいことは勿論である。以下の説明において、レチクル4上のパターンの寸法としては、断りのない限り半導体基板1上に縮小投影された寸法に換算して記述する。

#### 【0040】

次に、第1のフォトマスク5のモニタマーク部20に配置される各種の露光モニタマークについて説明する。寸法モニタマーク21は、図5(a)の平面図及び図5(b)の断面図に示すように、透明基板3の表面上に、例えば、長さ $L_d$ :  $1 \mu\text{m}$ 、幅 $W_d$ :  $110 \text{ nm}$ の短冊状の遮光部21a~21eをピッチ $P_d$ :  $330 \text{ nm}$ で配置したものである。寸法モニタマーク21の遮光部21a~21eが転写されたレジストパターンを走査型電子顕微鏡(SEM)等で測定して、フォトレジストに対する転写寸法のモニタを行う。

#### 【0041】

露光量モニタマーク22は、図6(a)の平面図及び図6(b)の断面図に示すように、透明基板3上に、例えば、長さ $L_e$ :  $2 \mu\text{m}$ の複数の遮光部22a~22oの幅 $W_e$ を一定の割合で増加させることにより開口率を連続的に変化させた回折格子である。この際、各パターンの左端の位置は、固定のピッチ $P_e$ :  $190 \text{ nm}$ で周期的に配列される。露光量モニタマーク22の中央の遮光膜22hから紙面に向かって右及び左側に向かって開口率は増加している。中央の遮光膜22hで開口率: 0%であり、左右端の遮光膜22a、22oでは開口率: 100%に近い最大値となる。ピッチ $P_e$ が、露光装置50の限界解像度以下のとき

、露光される回折格子パターンは、半導体基板 1 上では解像されない。本発明の第 1 の実施の形態で用いる露光装置 50 ( $\lambda$ : 248 nm、NA: 0.68、 $\sigma$ : 0.75) の場合、限界解像度は、略 208 nm となる。ピッチ  $P_e$  は限界解像度以下となっているため、遮光部 22a~22o のパターンは解像されない。遮光部 22a~22o 間を回折して透過する露光光の強度は、開口率に応じて変化する。露光量モニタマーク 22 を露光して得られるレジストパターンは、転写されるフォトレジストの感度曲線に応じて、左右端で傾斜側壁が形成され、更に露光量に応じて左右端が縮小後退する。転写された露光量モニタマーク 22 のパターン幅を測定して得られるパターン縮小幅から、露光量のモニタができる。

#### 【0042】

第 1 及び第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 からなるフォーカスモニタマーク 28 は、図 7 (a) の平面図及び図 7 (b) の断面図に示すように、透明基板 3 上の遮光膜 9 に、例えば、長対角線長  $L_f$ : 10  $\mu$ m、短対角線長  $W_f$ : 150 nm の第 1 の菱形開口部 23a~23e 及び第 2 の菱形開口部 24a~24e をピッチ  $P_f$ : 300 nm で配置している。第 2 の菱形開口部 24a~24e には、第 1 の菱形開口部 23a~23e を透過する露光光に対して位相が 90 度ずれるように透明基板 3 に掘り込み溝を設けてある。第 1 あるいは第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 を露光して得られる菱形レジストパターンの長対角線長は、フォーカスのずれ (デフォーカス) に応じて、第 1 あるいは第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 の長対角線長  $L_f$  より短くなる。ただし、第 1 あるいは第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 を単独に用いる場合、フォーカス位置については、転写するフォトレジストの表面に垂直な方向で、フォトレジストの手前側か、あるいは奥側かは判定できない。そこで、第 1 及び第 2 の菱形開口部 23a~23e、24a~24e を透過する露光光の位相が 90 度ずれていることにより、第 1 及び第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 それぞれのデフォーカス特性が相違していることを利用する。即ち、第 1 及び第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 から転写される菱形レジストパターンの長対角線長の差は、フォーカス位置に依存して単調に変化する。したがって、予めフォーカス位置を制御して第 1 および第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 を用い

てフォーカス特性を測定することにより、フォーカス位置と、転写された菱形レジストパターンの長対角線長の差との関係が得られる。このようにして測定された関係をもとに露光のフォーカスをモニタできる。

#### 【0043】

本発明の第1の実施の形態に係る2重露光工程において、寸法モニタマーク21、露光量モニタマーク22、及びフォーカスモニタマーク28等の露光モニタマークを含むモニタマーク部20は、第1のフォトマスク5の回路パターン10a～10cの近傍に配置されている。更に、第1の露光過程で遮光されて形成されたモニタマーク部20の各露光モニタマークの転写パターンは、第2の露光過程で第2のフォトマスク6で露光される。したがって、第2の露光過程で第2のフォトマスク6のトリムパターン14a～14cにより遮光された回路パターン10a～10cの転写パターンだけが残ることになる。したがって、第1のフォトマスク5には、各種の露光モニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン10a～10cの近傍に多数配置することができる。このため、半導体装置が形成される露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報が取得でき、2重露光工程における露光条件を高精度に制御することが可能となる。

#### 【0044】

次に、本発明の第1の実施の形態に係る2重露光工程を、例えば図1のA-A断面を例にとり、図8の工程断面図により説明を行う。

#### 【0045】

(イ) まず、図8(a)に示すように、半導体基板1上に、例えばポリシリコン膜等の下地膜35を厚さ200nmで形成する。そして、下地膜35上に、ポジティブ型の第1のフォトレジスト36を回転塗布により厚さ600nmで形成する。

#### 【0046】

(ロ) 第1の露光過程において、露光装置50(図4参照)を用いて、半導体基板1表面の第1のフォトレジスト36に第1のフォトマスク5のパターンを投影する。現像工程後、図8(b)に示すように、図1に示した線状の第1の遮光

部 13a を挟んで隣接して配置された第 1 及び第 2 の開口部 11a、12a を有する回路パターン 10a が転写され、レジストマスク 59 の中に第 1 及び第 2 のレジスト開口部 51a、52a で挟まれた線状の配線レジストマスク 53a が形成される。また、図 5 に示した寸法モニタマーク 21 の遮光部 21a ~ 21e が転写された寸法モニタレジストマスク 61a ~ 61e からなる寸法モニタレジストパターン 61 が形成される。

#### 【0047】

(ハ) 次に、レジストマスク 59、配線レジストマスク 53a 及び寸法モニタレジストマスク 61a ~ 61e をマスクとして下地膜 35 を異方性の反応性イオンエッチング法 (RIE) 等により選択的にエッチングし、図 8 (c) に示すように、下地膜 35a に、配線下地膜の細線部 7a 及び寸法モニタ下地膜 71a ~ 71e を形成する。

#### 【0048】

(ニ) 引き続き、図 8 (d) に示すように、下地膜 35a、細線部 7a 及び寸法モニタ下地膜 71a ~ 71e 上にポジティブ型の第 2 のフォトレジスト 37 を回転塗布により厚さ 600 nm で形成する。

#### 【0049】

(ホ) 第 2 の露光過程において、露光装置 50 を用いて第 2 のフォトレジスト 37 に、図 2 に示した第 2 のフォトマスク 6 のパターンを投影する。図 3 に示したように、第 1 のフォトマスク 5 に合わせたとき、第 1 のフォトマスク 5 の回路パターン 10a が占める領域内で、第 1 の遮光部 13a を覆う第 2 の遮光部 16a、及び第 1 の遮光部 13a の一端に重なり回路パターン 10a が占める領域の外部に延在する外延部 15a を有するトリムパターン 14a が転写される。現像工程後、図 8 (e) に示すように、線状の細線部 7a を覆ってトリムレジストマスク 54 が形成される。図 8 (e) では省略されているが、トリムレジストマスク 54 には、細線部 7a の長手方向の一端に接続された、トリムパターン 14a の外延部 15a に対応するレジストパターンが形成されている。

#### 【0050】

(ヘ) その後、RIE により、トリムレジストマスク 54 をマスクとして選択

的に下地膜 35a をエッチングする。ここで、寸法モニタ下地膜 71a ~ 71e にはレジストマスクは形成されないので、図 8 (f) に示すように、半導体基板 1 上に細線部 7a だけが残される。

#### 【0051】

上記した 2 重露光工程により、図 9 に示すように、半導体基板 1 上に第 1 及び第 2 のフォトマスク 5、6 のパターンが互いに重なり合う部分 (図 3 参照) が残されて、例えば、電界効果トランジスタ (FET) のゲート電極に対応する配線 17a ~ 17c が形成される。配線 17a ~ 17c は、ゲート配線に対応する細線部 7a ~ 7c と、細線部 7a ~ 7c の一端に接続され、ゲート配線のコンタクト部に相当する配線外延部 8a ~ 8c とを有する。配線外延部 8a ~ 8c は、トリムレジストマスク 54 の一部の、第 2 のフォトマスク 6 に配置されたトリムパターン 14a の外延部 15a に対応するレジストパターンをマスクとして下地膜 35a を選択的にエッチングして形成される。モニタマーク部 20 の露光モニタマークが転写されたレジストパターンは、第 2 の露光過程の後、除去されるので、後工程で新たに回路の配線が形成される領域にもモニタマークを配置することができる。

#### 【0052】

本発明の第 1 の実施の形態に係る 2 重露光工程によるモニタ方法では、図 10 に示すように、第 1 の露光過程後に回路パターン 10a ~ 10c が転写されて、レジストマスク 59 の間に第 1 及び第 2 のレジスト開口部 51a ~ 51c、52a ~ 52c で挟まれた配線レジストマスク 53a ~ 53c が形成される。また、モニタマーク部 20 の寸法モニタマーク 21、露光量モニタマーク 22、第 1 及び第 2 のフォーカスモニタマーク 23、24 等が転写された寸法モニタレジストパターン 61、露光量モニタレジストパターン 62、第 1 及び第 2 のフォーカスモニタレジストパターン 63、64 等が形成される。配線レジストマスク 53a ~ 53c、寸法モニタレジストパターン 61、露光量モニタレジストパターン 62、あるいは第 1 及び第 2 のフォーカスモニタレジストパターン 63、64 等のパターン寸法が半導体基板 1 の全露光領域で測定される。例えば、配線レジストマスク 53a ~ 53c の半導体基板 1 面内の線幅変動が各モニタマークの転写レ

ジストパターンの面内変動と比較され、その結果、フォーカスのずれの変動に依存していることが判明した。

#### 【0053】

このように、本発明の第1の実施の形態によれば、第1のフォトマスク5には、各種の露光モニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン10a～10cの近傍に多数配置することができる。このため、半導体装置が形成される露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報が取得でき、2重露光工程における露光条件を高精度に制御することが可能となる。

#### 【0054】

##### (第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る2重露光方法に用いるレチクルセットは、図11及び図12に示すように、第1の露光過程で用いる第1のフォトマスク5aに回路パターン10d～10fを露光するレベンソン型位相シフトマスクが配置され、第2の露光過程で用いる第2のフォトマスク6aにトリムパターン14d～14fが配置されている。第1のフォトマスク5aには、後工程において新たな回路パターンが配置される領域に、アライメントマーク25が配置されている。アライメントマーク25は、第1のフォトマスク5aの回路パターン10d～10f及び第2のフォトマスク6aのトリムパターン14d～14fとは、重なり合わないように、隣接して配置されている。第2の実施の形態に係るレチクルセットは、モニタマークとしてアライメントマーク25を用いる点が異なり、他は第1の実施の形態と同様であるので、重複した記載を省略する。

#### 【0055】

第1のフォトマスク5aに配置される、例えば半導体素子のゲート配線等からなる回路パターン10d～10fは、図11に示すように、遮光膜19に設けられた矩形の第1の開口部11d～11fと矩形の第2の開口部12d～12fと、第1の開口部11d～11f及び第2の開口部12d～12fにより挟まれた線状の第1の遮光部13d～13fとを有する。

#### 【0056】



第2のフォトマスク6aは、図12に示すように、透明基板33aの表面に遮光性材料膜からなるトリムパターン14d~14fが設けられている。トリムパターン14d~14fは、第1のフォトマスク5aに合わせたとき、回路パターン10d~10fが占める領域内で、第1の遮光部13d~13fを覆う第2の遮光部16d~16fと、第1の遮光部13d~13fの一端に重なり回路パターン10d~10fが占める領域の外部に延在する外延部15d~15fとを有する。

#### 【0057】

アライメントマーク25は、図13(a)の平面図、及び図13(b)の断面図に示すように、透明基板3bの表面上の遮光膜19に、例えば、長さLa:60 $\mu$ m、幅Wa:12 $\mu$ mの短冊状の開口部25a~25iをピッチPa:24 $\mu$ mで配置したものである。アライメントマーク25が転写されたレジストパターンを露光装置50で読み取り、第1のフォトマスク5aとフォトレジストとの位置合わせを行う。

#### 【0058】

次に、本発明の第2の実施の形態に係る2重露光工程を、例えば図11のD-D断面を例にとって、図14の工程断面図により説明を行う。

#### 【0059】

(イ) まず、図14(a)に示すように、半導体基板1上に、例えばポリシリコン膜からなる下地膜85を厚さ200nmで形成する。そして、ポジティブ型のフォトレジスト86を、下地膜85上に回転塗布により厚さ600nmで形成する。

#### 【0060】

(ロ) 第1の露光過程において、露光装置50(図4参照)を用いて、半導体基板1表面のフォトレジスト86に第1のフォトマスク5aのパターンを投影する。図14(b)に示すように、図11に示した線状の第1の遮光部13dを挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部11d、12dを有する回路パターン10dが露光され、遮光レジスト部82の間の露光レジスト膜86aで挟まれた配線レジスト潜像81が形成される。また、図13に示したアライメントマ

ーク 25 の開口部 25 a ~ 25 i が露光され、各開口部 25 a ~ 25 i 間の遮光膜 19 に対応するアライメントレジスト潜像 75 a ~ 75 d が形成される。

【0061】

(ハ) 次に、第 2 の露光過程において、露光装置 50 を用いて、第 2 のフォトマスク 6 a のパターンを投影する。第 1 のフォトマスク 5 a に合わせたとき、第 1 の遮光部 13 d を覆う第 2 の遮光部 16 d、及び第 1 の遮光部 13 d の一端に重なり回路パターン 10 d が占める領域の外部に延在する外延部 15 d を有するトリムパターン 14 d により遮光された配線レジスト潜像 81 以外は露光され、図 14 (c) に示すように、露光レジスト膜 86 b が形成される。

【0062】

(ニ) 現像工程後、図 14 (d) に示すように、下地膜 85 上に配線レジスト潜像 81 が残されて配線レジストマスク 83 が形成される。

【0063】

(ホ) その後、RIE により、配線レジストマスク 83 をマスクとして選択的に下地膜 85 をエッチングする。図 14 (e) に示すように、半導体基板 1 上に細線部 7 d が形成される。

【0064】

上記した 2 重露光工程により、図 15 に示すように、半導体基板 1 上に細線部 7 d ~ 7 f と、トリムパターン 14 d ~ 14 f の外延部 15 d ~ 15 f に対応する配線外延部 8 d ~ 8 f とを有する配線 17 d ~ 17 f が形成される。第 1 のフォトマスク 5 a に設けられたアライメントマーク 25 の開口部 25 a ~ 25 i が露光されて形成されたアライメントレジスト潜像 75 a ~ 75 d は、第 2 の露光過程で露光され、現像工程で除去されるので、後工程で新たに回路が形成される領域にもアライメントマーク 25 を配置することができる。

【0065】

本発明の第 2 の実施の形態に係る 2 重露光工程によるモニタ方法において、第 1 の露光過程で、アライメントマーク 25 の開口部 25 a ~ 25 i から露光されて解重合された露光レジスト膜 86 a と遮光膜 19 により遮光されて重合したままのアライメントレジスト潜像 75 a ~ 75 d が形成される。アライメントレジ

スト潜像 75a～75d は、露光レジスト膜 86a と屈折率等の光学的特性や膜厚が相違するため、光学的に検出可能となる。第 1 の露光過程直後に、第 1 のフォトマスク 5a をそのまま用いて、半導体基板 1 上に形成されたアライメントレジスト潜像 75a～75d を露光装置 50 で読み取り、アライメントマーク 25 との位置合わせずれを測定することができる。アライメントマーク 25 は、後工程で半導体基板 1 上に回路パターンが形成される領域にも配置されているので、詳細な位置合わせずれが測定でき、半導体基板 1 上の露光領域のディストーションを調べることが可能となる。このように、本発明の第 2 の実施の形態によれば、第 1 のフォトマスク 5a には、露光モニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン 10d～10f の近傍に多数配置することができる。このため、半導体装置が形成される露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報が取得でき、2 重露光工程における露光条件を高精度に制御することが可能となる。

#### 【0066】

##### (第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態に係る 2 重露光用レチクルセットの管理方法は、第 1 の露光過程で用いる第 1 のフォトマスクにフォトマスク検査用のモニタマークを配置することにより、簡便で高精度なレチクルセットの製造管理を行うことに特徴があり、他は第 1 及び第 2 の実施の形態と同様であり重複した記載は省略する。

#### 【0067】

本発明の第 3 の実施の形態に係る第 1 のフォトマスク 5b には、図 16 (a) に示すように、レベンソン型位相シフトマスクの回路パターン 100 と、例えばフォトマスク検査用の位相差モニタマーク 26 等が配置されている。回路パターン 100 は、遮光膜 99 に設けられた第 1 の開口部 101 及び第 2 の開口部 102 と、第 1 の開口部 101 及び第 2 の開口部 102 により挟まれた線状の第 1 の遮光部 103 とを有する。

#### 【0068】

図 16 (b) に第 1 のフォトマスク 5b の C-C 断面を示すように、例えば、

回路パターン 100 では、第 2 の開口部 102 は、遮光膜 99 を有する表面側から透明基板 3 が掘り込まれ、第 1 の開口部 101 を透過する露光光に対して位相を 180 度シフトさせている。したがって、第 1 及び第 2 の開口部 101、102 を透過する露光光により第 1 の遮光部 103 を半導体基板 1 に転写する場合、第 1 の遮光部 103 下への回折光が打ち消されるため、半導体基板 1 上に回路パターン 100 が解像される。回路パターン 100 の近傍には、例えば、一辺が 4  $\mu\text{m}$  の正方形パターンに遮光膜 99 を除去して透明基板 3 が掘り込まれた位相差モニタマーク 26 が配置されている。

#### 【0069】

第 2 の露光過程で用いる第 2 のフォトマスク 6b は、図 17 に示すように、透明基板 3e の表面に遮光性材料膜からなるトリムパターン 104 が設けられている。トリムパターン 104 は、第 1 のフォトマスク 5b に合わせたとき、回路パターン 100 が占める領域内で、第 1 の遮光部 103 を覆う第 2 の遮光部 106 と、第 1 の遮光部 103 の一端に重なり回路パターン 100 が占める領域の外部に延在する外延部を有する。

#### 【0070】

位相差モニタマーク 26 は、例えば第 2 の開口部 102 と同様に、第 1 の開口部 101 を透過する露光光に対して位相差が 180 度となるように透明基板 3 が掘り込まれている。位相差モニタマーク 26 を透過する光の位相測定を行うことにより、第 1 のフォトマスク 5b 内の位相の変動分布を測定することができる。また、フォトマスク検査用のモニタマークとして、例えば図 5 に示した寸法モニタマーク 21 や、図 18 (a) に示す透過率モニタマーク 27 等も配置される。透過率モニタマーク 27 は、図 18 (b) に示すように、例えば遮光膜 99 の中に一辺が 75  $\mu\text{m}$  の正方形パターンの開口部が設けられて、透明基板 3d の露光光の透過率を計測する。

#### 【0071】

本発明の第 3 の実施の形態に係る第 1 のフォトマスク 5b では、位相差モニタマーク 26 等のフォトマスク検査用のモニタマークは、第 1 のフォトマスク 5b の回路パターン 100 及び第 2 のフォトマスク 6b のトリムパターン 104 とは

重なり合わず隣接して、後工程において新たな回路パターンが配置される領域にも配置されている。第1の露光過程で第1のフォトマスク5bから、遮光されて転写されたフォトマスク検査用のモニタマークのパターンは、第2の露光過程で第2のフォトマスク6bで露光される。したがって、第2の露光過程で第2のフォトマスク6bのトリムパターン104により遮光された回路パターン100の転写パターンだけが残ることになる。したがって、第1のフォトマスク5bには、フォトマスク検査用のモニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン100の近傍に多数配置することができる。このため、回路パターン100が配置された露光領域全面に渡る詳細な位置情報や寸法情報が取得でき、2重露光工程における露光条件を高精度に制御する第1のフォトマスク5bの高精度な製造管理が可能となる。

#### 【0072】

次に、本発明の第3の実施の形態に係る第1のフォトマスク5bの製造方法について、図19の工程断面図により説明を行う。

#### 【0073】

(イ) まず、図19(a)に示すように、熔融石英等からなる透明基板3d上に堆積されたCr等の金属膜からなる遮光材料膜98上に第1のレジスト膜91を回転塗布する。

#### 【0074】

(ロ) 電子ビーム等による描画装置を用いて、第1のフォトマスク5bのマスクパターンに対応したパターンデータを用いて第1のフォトレジスト膜91に描画する。現像工程後、図19(b)に示すように、第1のフォトマスク5bのマスクパターンに対応した第1のレジストマスク91aを形成する。

#### 【0075】

(ハ) 第1のレジストマスク91aをマスクとして、RIE等により遮光材料膜98を選択的にエッチングし、図19(c)に示すように、遮光膜99に第1の開口部101とエッチング窓102aに挟まれた第1の遮光部103、エッチング窓26a及び透過率モニタマーク27を形成する。

#### 【0076】

(ニ) 透明基板 3 d 及び遮光膜 9 9 上に、図 19 (d) に示すように、第 2 のレジスト 9 2 を回転塗布する。

【0077】

(ホ) 電子ビーム等の描画装置を用いて、エッチング窓 102 a、26 a の部分が開口するパターンデータを用いて第 1 のフォトリソレジスト 9 1 に描画する。現像工程後、図 19 (e) に示すように、エッチング窓 102 a、26 a を露出させた第 2 のレジストマスク 9 2 a を形成する。

【0078】

(ヘ) その後、RIEにより、第 2 のレジストマスク 9 2 a をマスクとして選択的に透明基板 3 d をエッチングし、図 19 (f) に示すように、露光光の位相が 180 度ずれる深さを目標として透明基板 3 d の表面を掘り込んだ第 2 の開口部 102 a 及び位相差モニタマーク 26 を形成する。

【0079】

このようにして製造した第 1 のフォトマスク 5 b は、光学式の検査装置により位相差モニタマーク 26、透過率モニタマーク 27 等のフォトマスク検査用のモニタマークを用いて透過光の位相や透過率の測定を実施する。検査用のモニタマークは、第 1 のフォトマスク 5 b 全面に渡り配置することができるため、製造したフォトマスクの詳細な管理が可能となる。例えば、位相差モニタマーク 26 により測定された透過光の位相差は、図 20 に示すように、略  $23 \times 30$  mm の面積を有する第 1 のフォトマスク 5 b の面内で同心円状の分布を示していることが判明した。位相差の同心円状分布は、RIE による透明基板 3 d の掘り込みエッチングの分布が反映されたものである。この結果が RIE エッチング条件にフィードバックされ、位相差分布のより小さなレベンソン型位相シフトマスクの製造が可能となる。

【0080】

本発明の第 3 の実施の形態によれば、第 1 のフォトマスク 5 b には、フォトマスク検査用のモニタマークを露光領域全面に渡り、回路パターンレイアウトの制約を受けることなく回路パターン 100 の近傍に多数配置することができる。このため、回路パターン 100 が配置された露光領域全面に渡る詳細な位置情報や

寸法情報が取得でき、2重露光工程における露光条件を高精度に制御する第1のフォトマスク5bの高精度な製造管理が可能となる。

#### 【0081】

(その他の実施の形態)

上記のように、本発明は第1～第3の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者にはさまざまな代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

#### 【0082】

本発明の第1～第3の実施の形態において、レチクル4は、第1のフォトマスク又は第2のフォトマスクのいずれかである。例えば、1枚のレチクル4の2分割された領域に、第1及び第2のフォトマスクが配置されたレチクルセットであってもよい。あるいは、レチクル4として第1及び第2のフォトマスクが個別の透明基板に配置されたレチクルセットであってもよい。

#### 【0083】

また、本発明の第1及び第2の実施の形態においては、説明の便宜上、KrFエキシマレーザ縮小投影露光装置を用いているが、光源としても、i線やg等の紫外線、他のエキシマレーザ、あるいは、電子ビームやX線等を用いてもよいことは勿論である。

#### 【0084】

このように、本発明はここでは記載していないさまざまな実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

#### 【0085】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットを提供することができる。

#### 【0086】

本発明によれば、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度に



モニタするレチクルセットの設計方法を提供することができる。

【0087】

また、本発明によれば、2重露光工程における露光条件を高精度にモニタすることができる露光モニタ方法を提供することができる。

【0088】

また、本発明によれば、レチクルセット製造の高精度な管理を行うレチクルセットの検査方法を提供することができる。

【0089】

更に、本発明によれば、2重露光工程における露光条件を全露光領域に渡り高精度にモニタするレチクルセットを用いた半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る第1のフォトマスクの一例を示す概略図である。

【図2】

本発明の第1の実施の形態に係る第2のフォトマスクの一例を示す概略図である。

【図3】

本発明の第1の実施の形態に係る2重露光工程での、第1及び第2のフォトマスクの重ね合わせの一例を示す図である。

【図4】

2重露光工程の説明に用いる露光装置の概略構成図である。

【図5】

本発明の第1の実施の形態に係る寸法モニタマークの一例を示す概略図である。

【図6】

本発明の第1の実施の形態に係る露光量モニタマークの一例を示す概略図である。



## 【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態に係るフォーカスモニタマークの一例を示す概略図である。

## 【図 8】

本発明の第 1 の実施の形態に係る 2 重露光工程を説明するための工程断面図の一例である。

## 【図 9】

本発明の第 1 の実施の形態に係る 2 重露光工程により形成される配線パターンの一例を示す概略図である。

## 【図 10】

本発明の第 1 の実施の形態に係る 2 重露光工程の第 1 の露光過程により形成されるレジストマスクの一例を示す概略図である。

## 【図 11】

本発明の第 2 の実施の形態に係る第 1 のフォトマスクの一例を示す概略図である。

## 【図 12】

本発明の第 2 の実施の形態に係る第 2 のフォトマスクの一例を示す概略図である。

## 【図 13】

本発明の第 2 の実施の形態に係るアライメントマークの一例を示す概略図である。

## 【図 14】

本発明の第 2 の実施の形態に係る 2 重露光工程を説明するための工程断面図の一例である。

## 【図 15】

本発明の第 2 の実施の形態に係る 2 重露光工程により形成される配線パターンの一例を示す概略図である。

## 【図 16】

本発明の第 3 の実施の形態に係る第 1 のフォトマスクの一例を示す概略図であ

る。

【図 17】

本発明の第3の実施の形態に係る第2のフォトマスクの一例を示す概略図である。

【図 18】

本発明の第3の実施の形態に係る透過率モニタマークの一例を示す概略図である。

【図 19】

本発明の第3の実施の形態に係る第1のフォトマスクの製造工程を説明するための工程断面図の一例である。

【図 20】

本発明の第3の実施の形態に係る第1のフォトマスクの位相差分布の一例を示す図である。

【符号の説明】

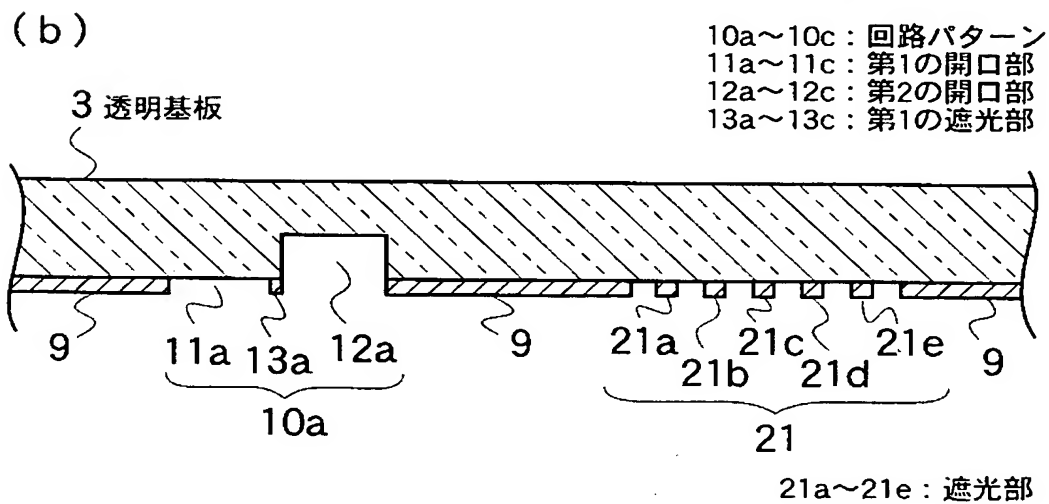
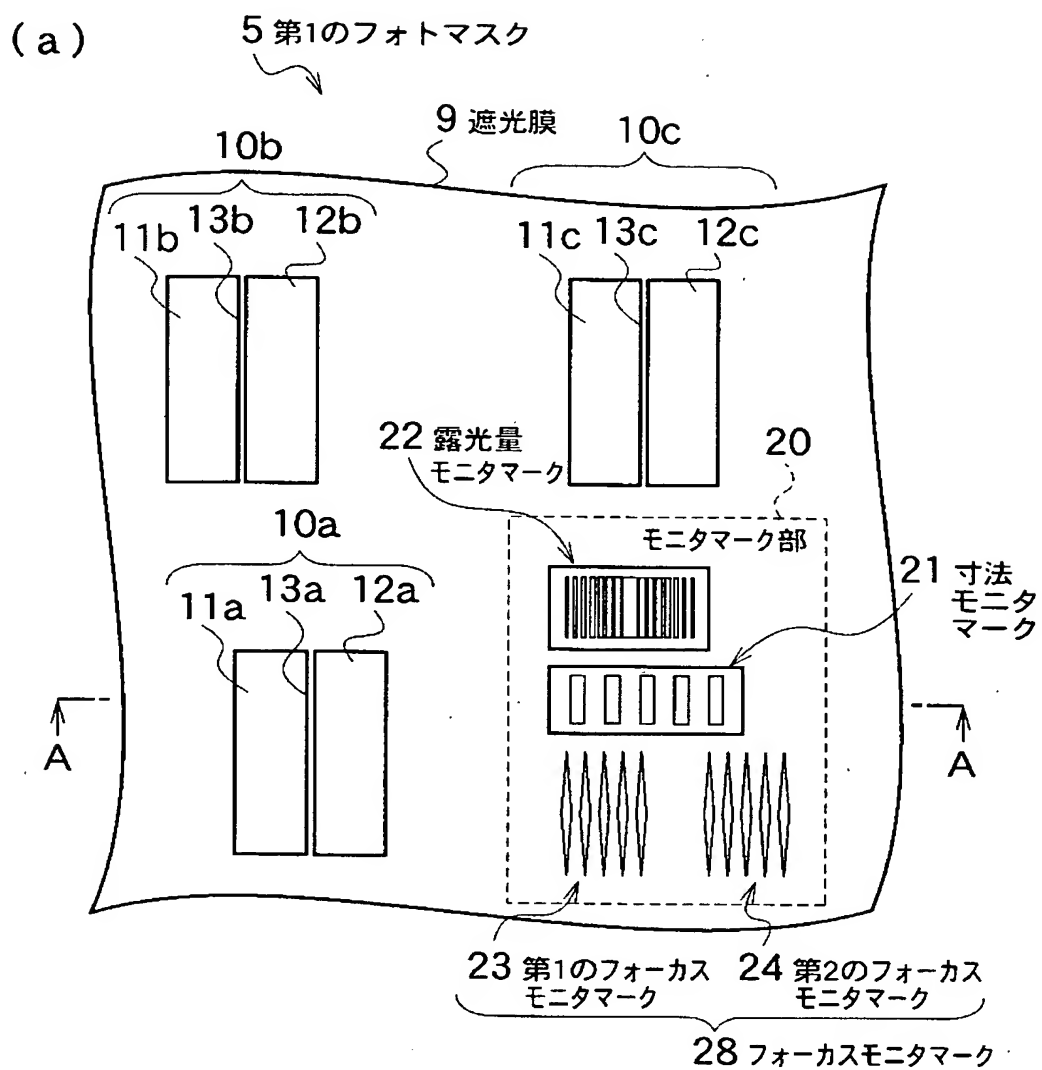
- 1 半導体基板
- 3、3a～3e 透明基板
- 4 レチクル
- 5、5a、5b 第1のフォトマスク
- 6、6a、6b 第2のフォトマスク
- 7a～7f 細線部
- 8a～8f 配線外延部
- 9、19、99 遮光膜
- 10a～10f、100 回路パターン
- 11a～11f、101 第1の開口部
- 12a～12f、102 第2の開口部
- 13a～13f、103 第1の遮光部
- 14a～14f、104 トリムパターン
- 15a～15f、105 外延部
- 16a～16f、106 第2の遮光部

17 a～17 f、57、87 配線  
19  
20 モニタマーク部  
21 寸法モニタマーク  
21 a～21 e、22 a～22 o 遮光部  
22 露光量モニタマーク  
23 第1のフォーカスモニタマーク  
23 a～23 e 第1の菱形開口部  
24 第2のフォーカスモニタマーク  
24 a～24 e 第2の菱形開口部  
25 アライメントマーク  
25 a～25 i 開口部  
26 位相差モニタマーク  
26 a、102 a エッチング窓  
27 透過率モニタマーク  
28 フォーカスモニタマーク  
35、35 a、85 下地膜  
36 第1のフォトレジスト  
37 第2のフォトレジスト  
40 照明光学系  
41 光源  
42 シャッタ  
44 照明レンズ系  
46 投影光学系  
48 ステージ  
50 露光装置  
51 a～51 c 第1のレジスト開口部  
52 a～52 c 第2のレジスト開口部  
53 a～53 c、83 配線レジストマスク

- 54 トリムレジストマスク
- 59 レジストマスク
- 61 寸法モニタレジストパターン
- 61a～61e 寸法モニタレジストマスク
- 62 露光量モニタレジストパターン
- 63 第1のフォーカスモニタレジストパターン
- 64 第2のフォーカスモニタレジストパターン
- 65 細線下地膜
- 71a～71e 寸法モニタ下地膜
- 75a～75d アライメントレジスト潜像
- 81 配線レジスト潜像
- 82 遮光レジスト部
- 83 配線レジストマスク
- 86 フォトレジスト
- 86a、86b 露光レジスト膜
- 91 第1のレジスト
- 91a 第1のレジストマスク
- 92 第2のレジスト
- 92a 第2のレジストマスク
- 98 遮光材料膜

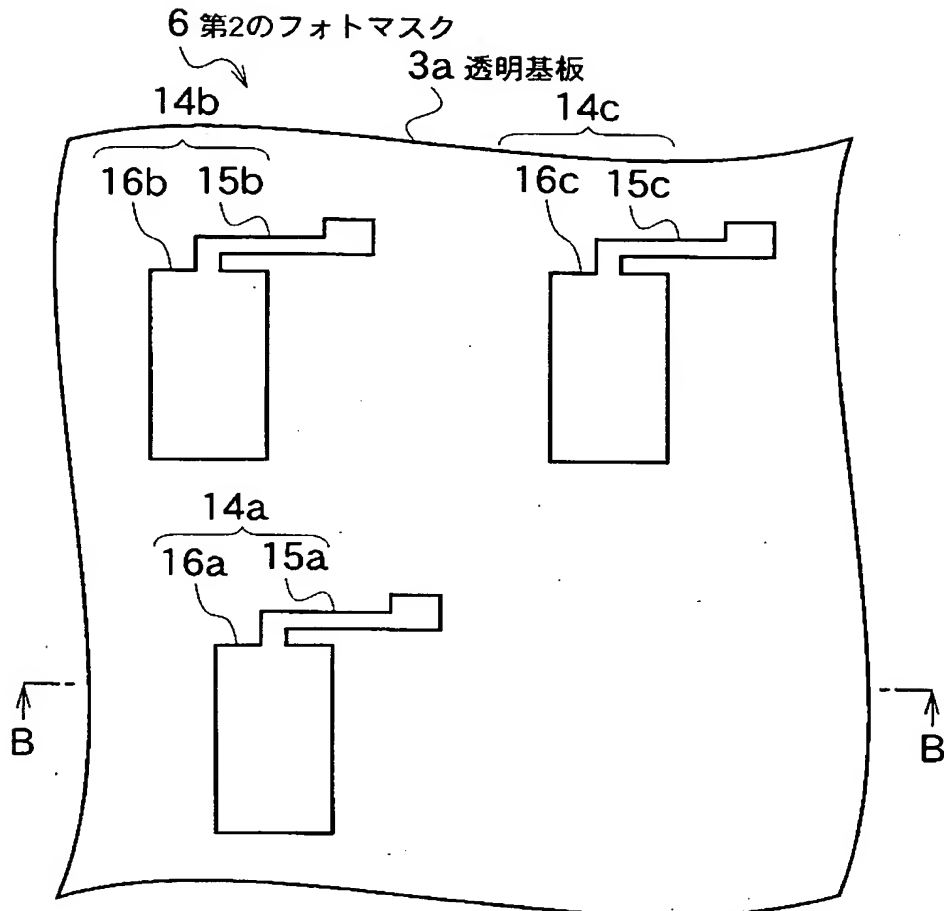
【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】

(a)

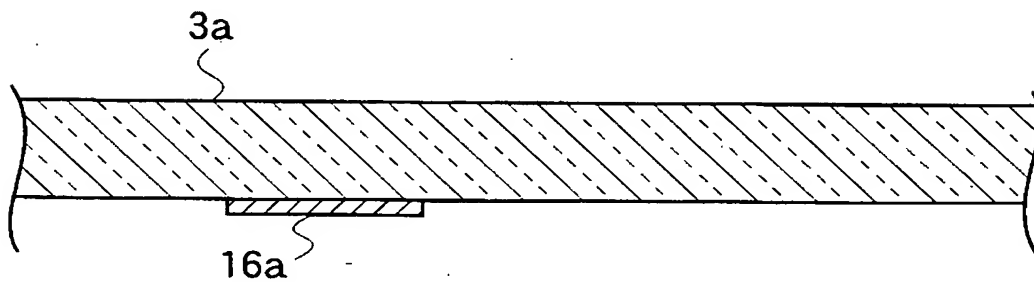


14a~14c: トリムパターン

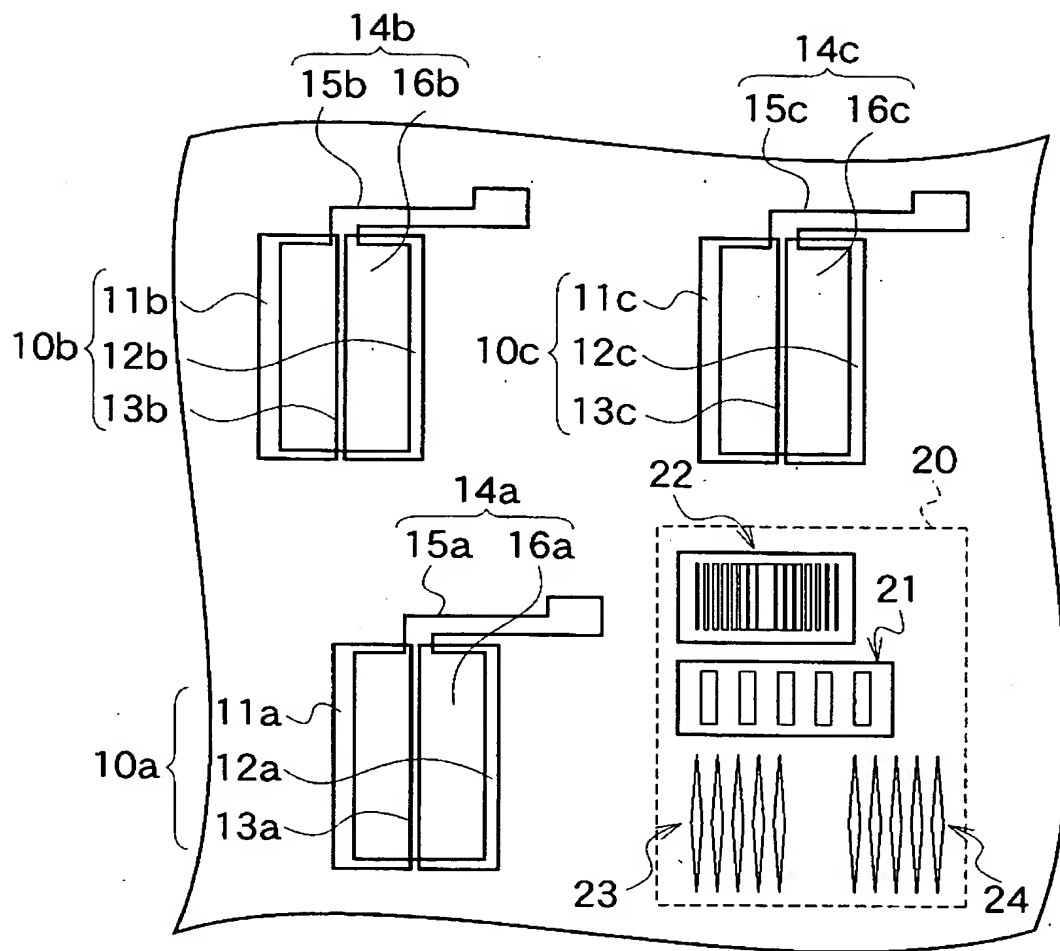
15a~15c: 外延部

16a~16c: 第2の遮光部

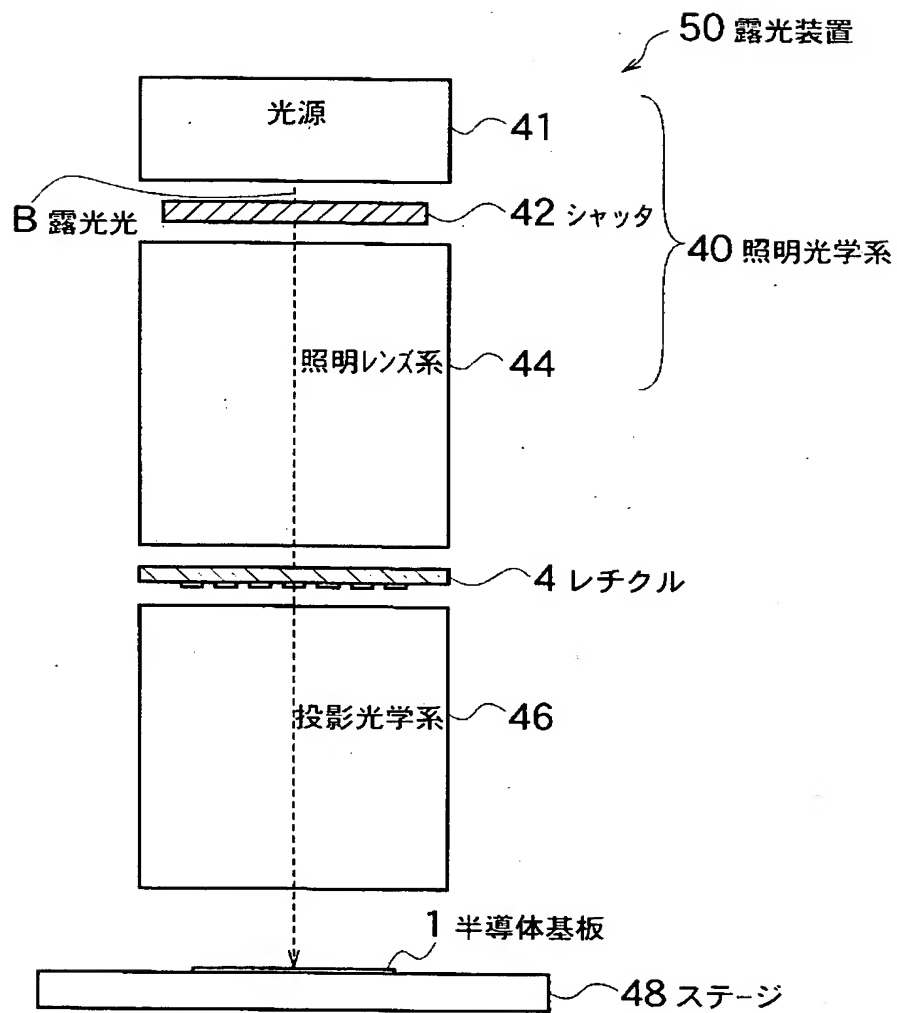
(b)



【図 3】

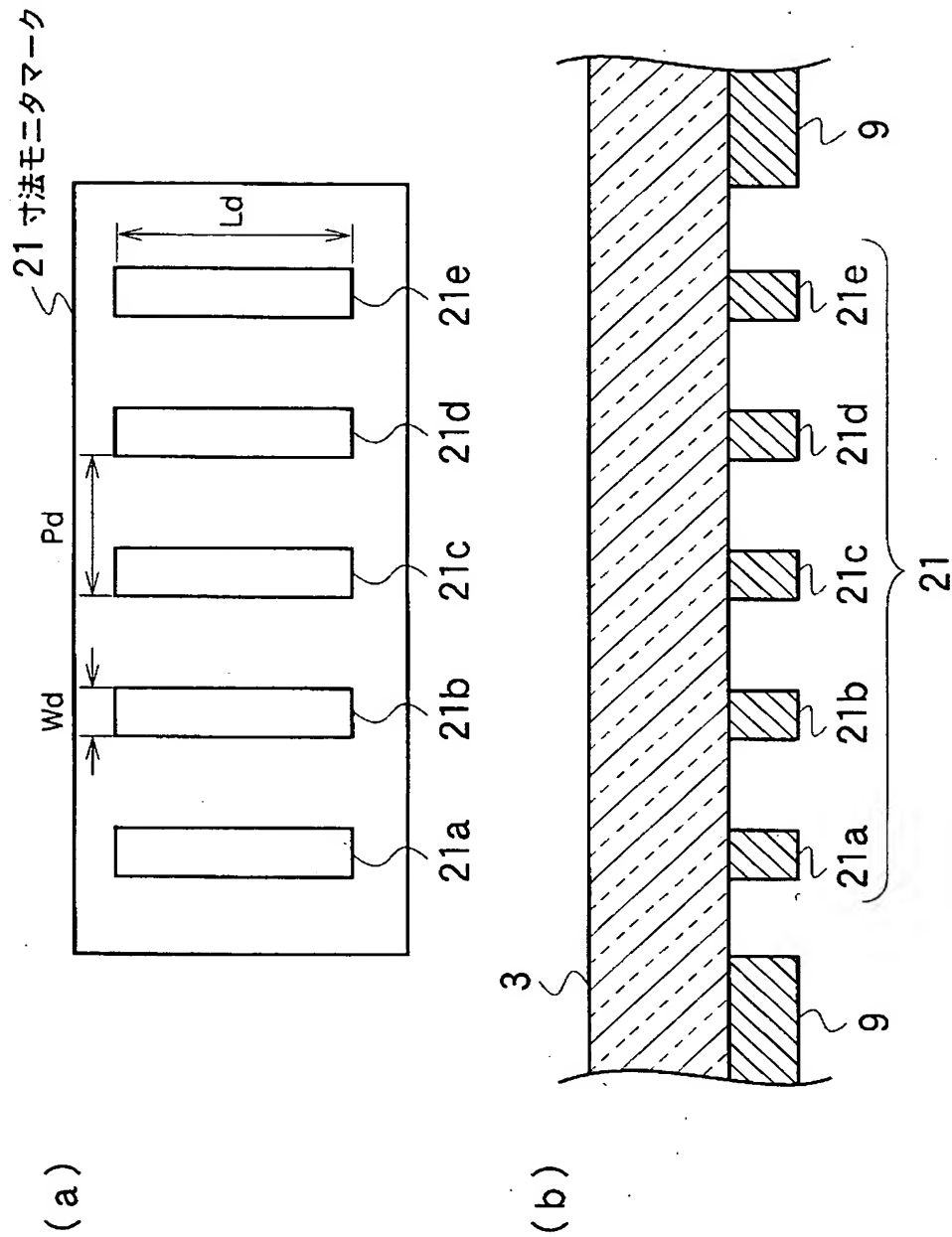


【図 4】



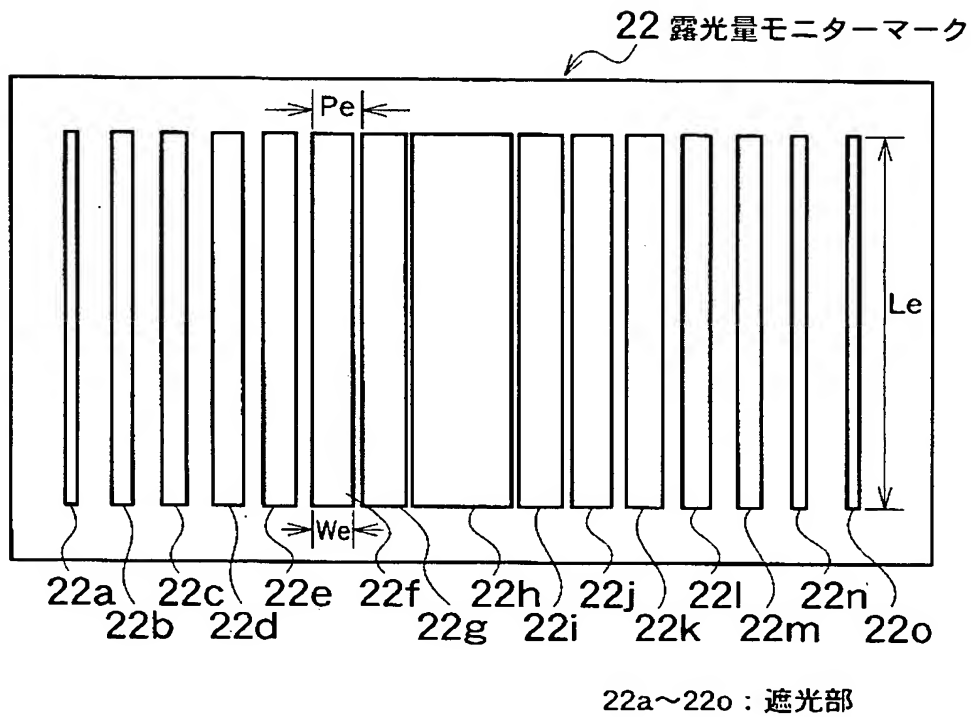


【図 5】

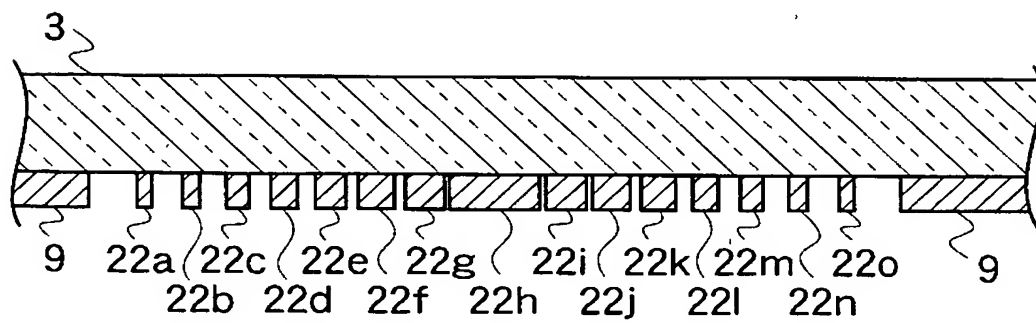


【図 6】

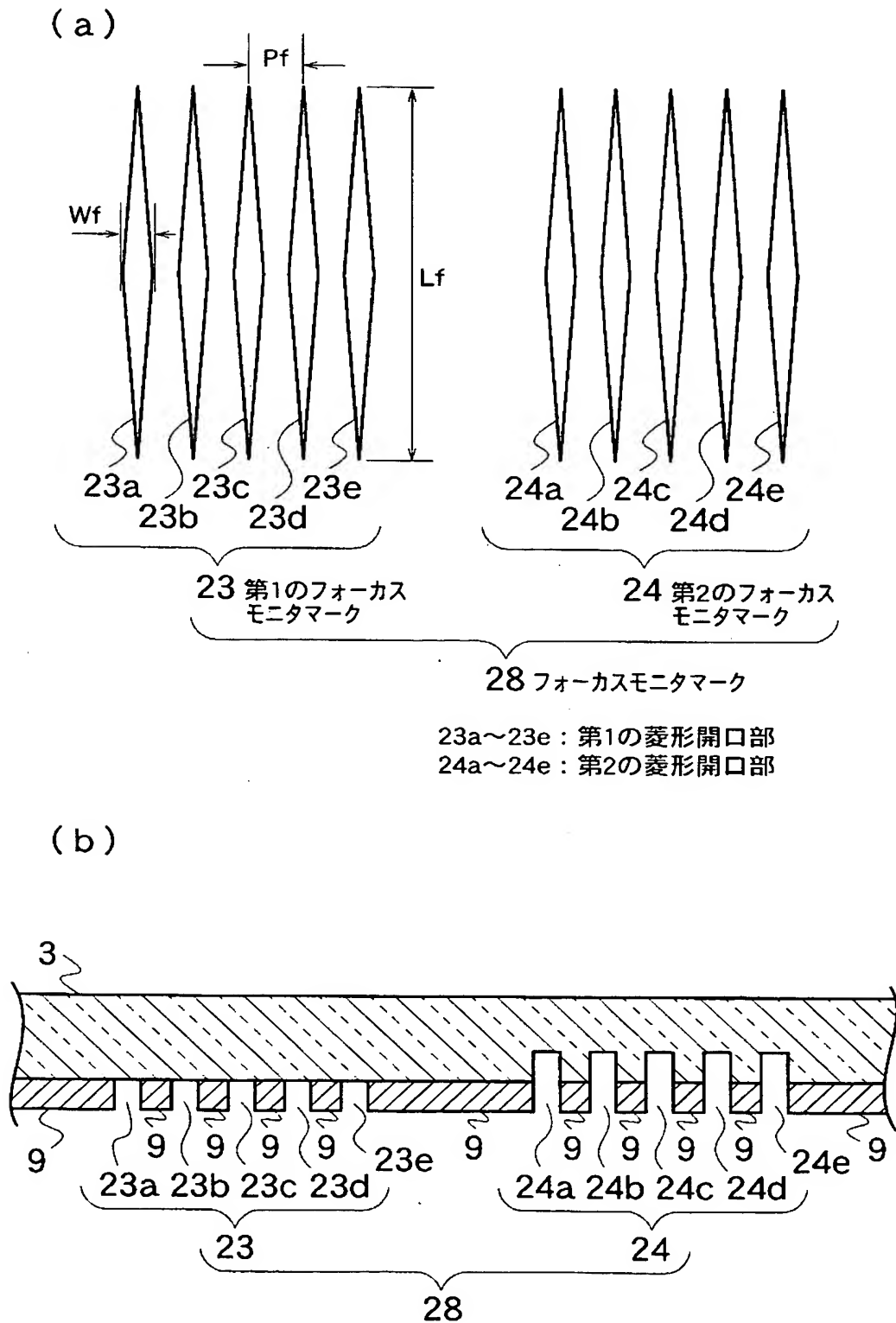
(a)



(b)

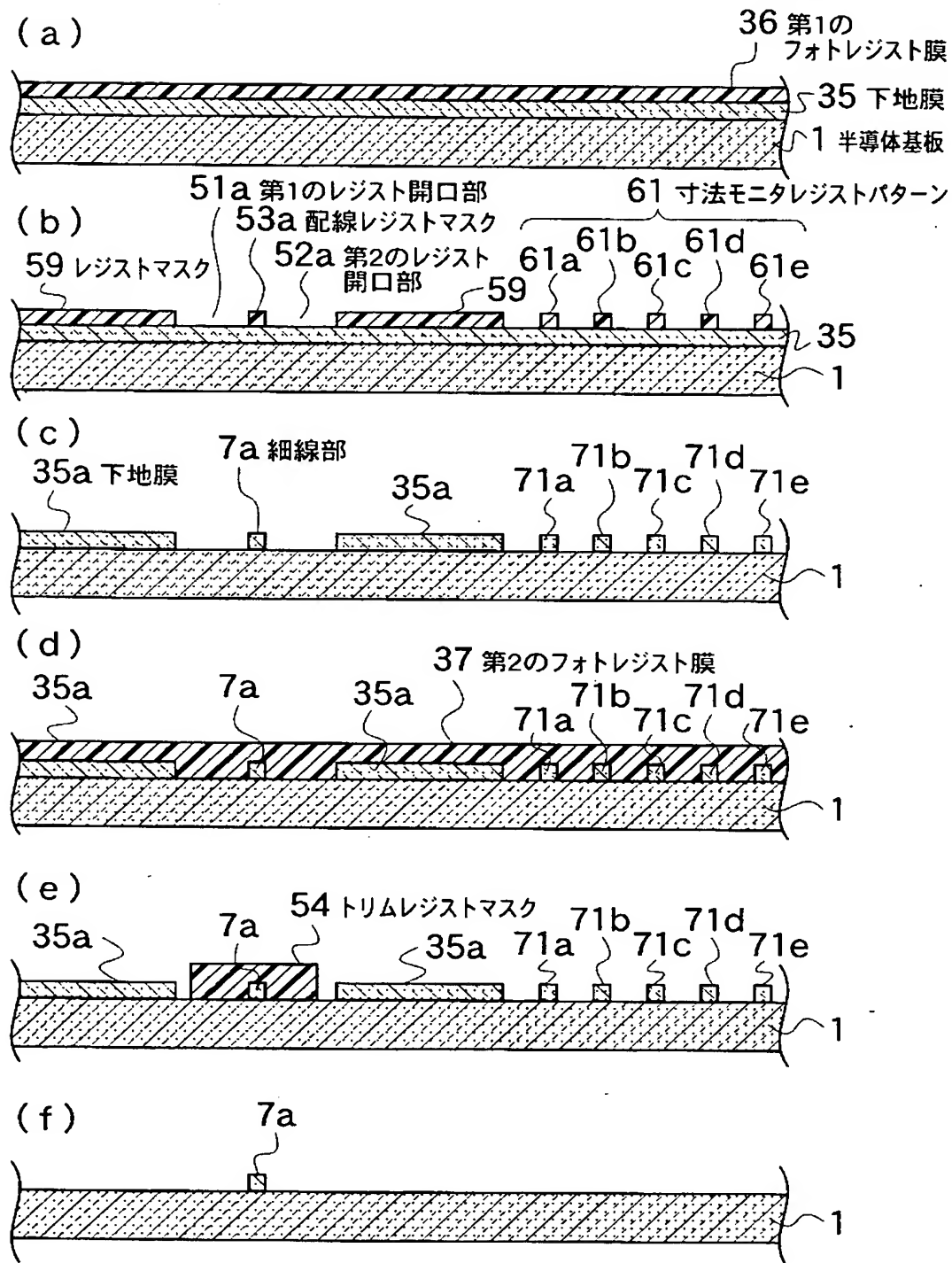


【図7】

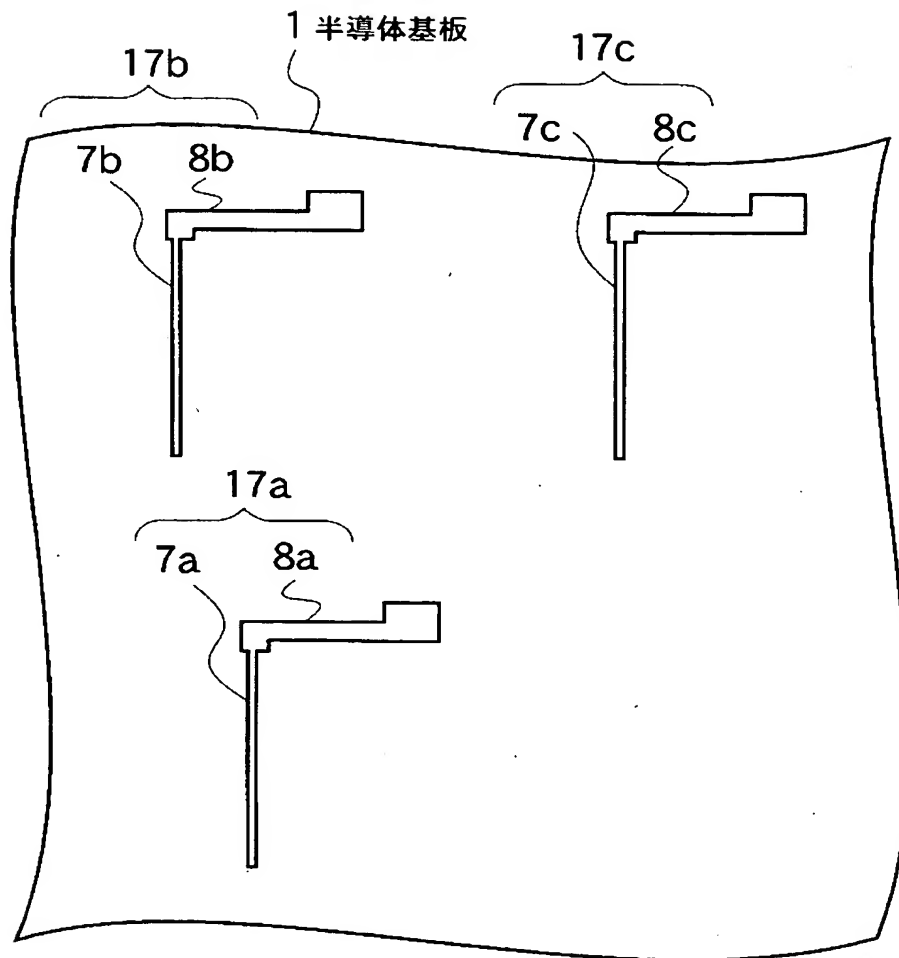


【図 8】

61a~61e: 寸法モニタレジストマスク  
71a~71e: 寸法モニタ下地膜

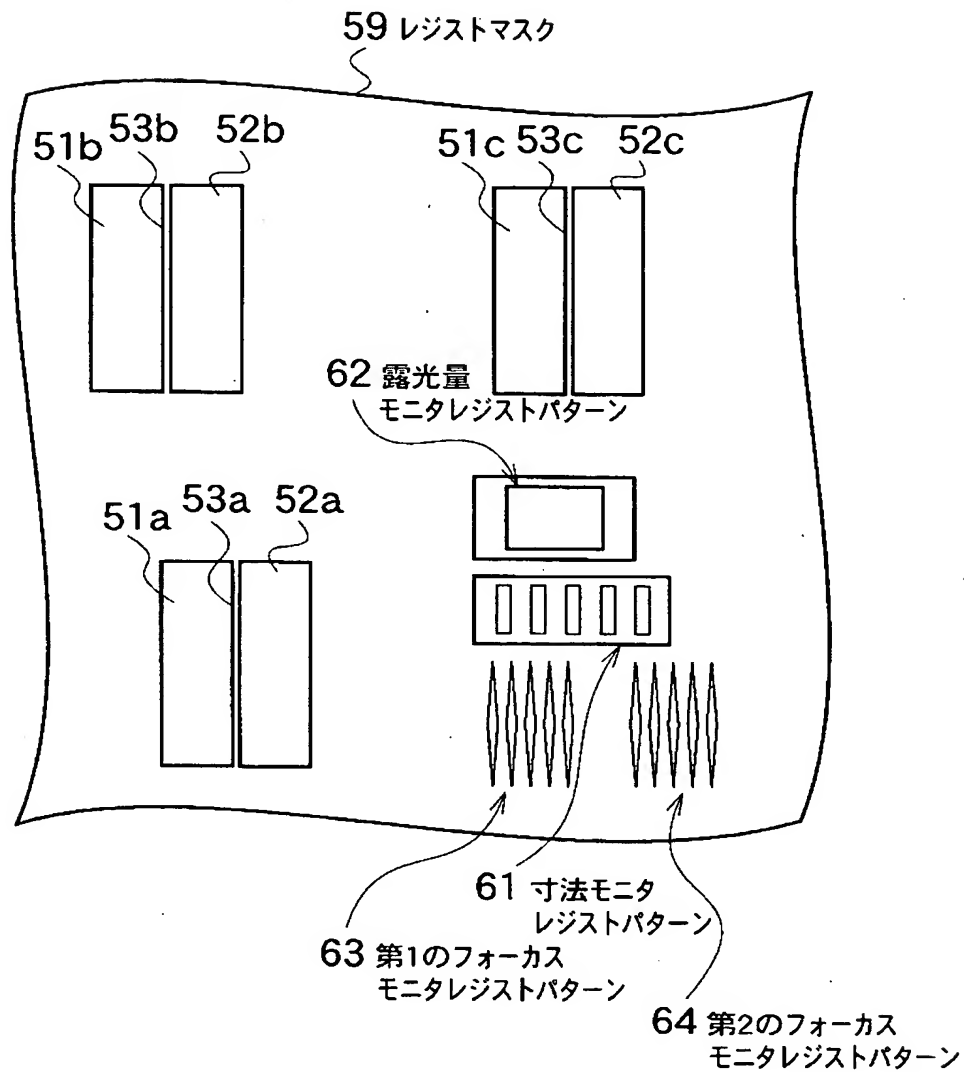


【図 9】



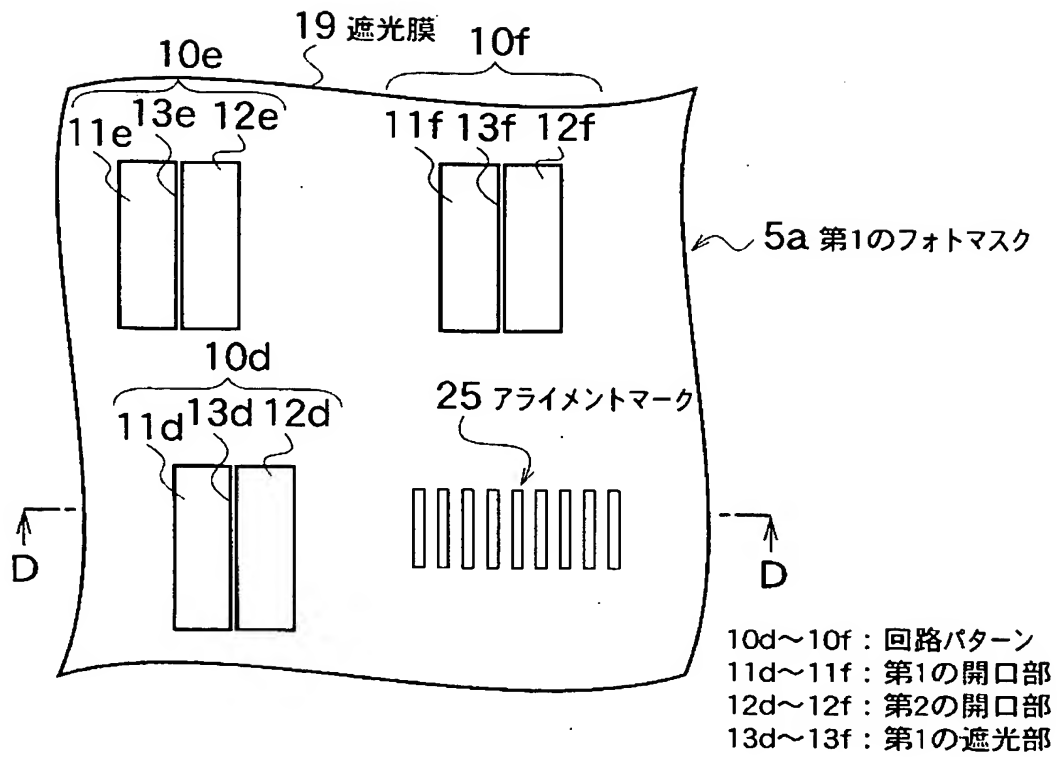
7a~7c : 細線部  
8a~8c : 配線外延部  
17a~17c : 配線

【図10】

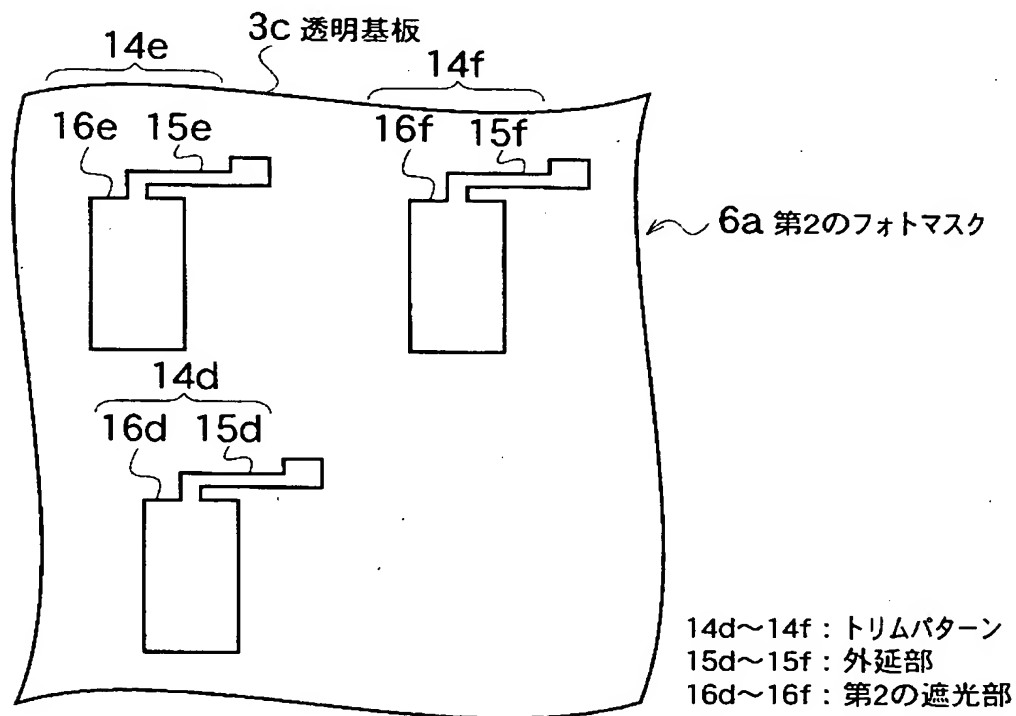


51a～51c: 第1のレジスト開口部  
52a～52c: 第2のレジスト開口部  
53a～53c: 配線レジストマスク

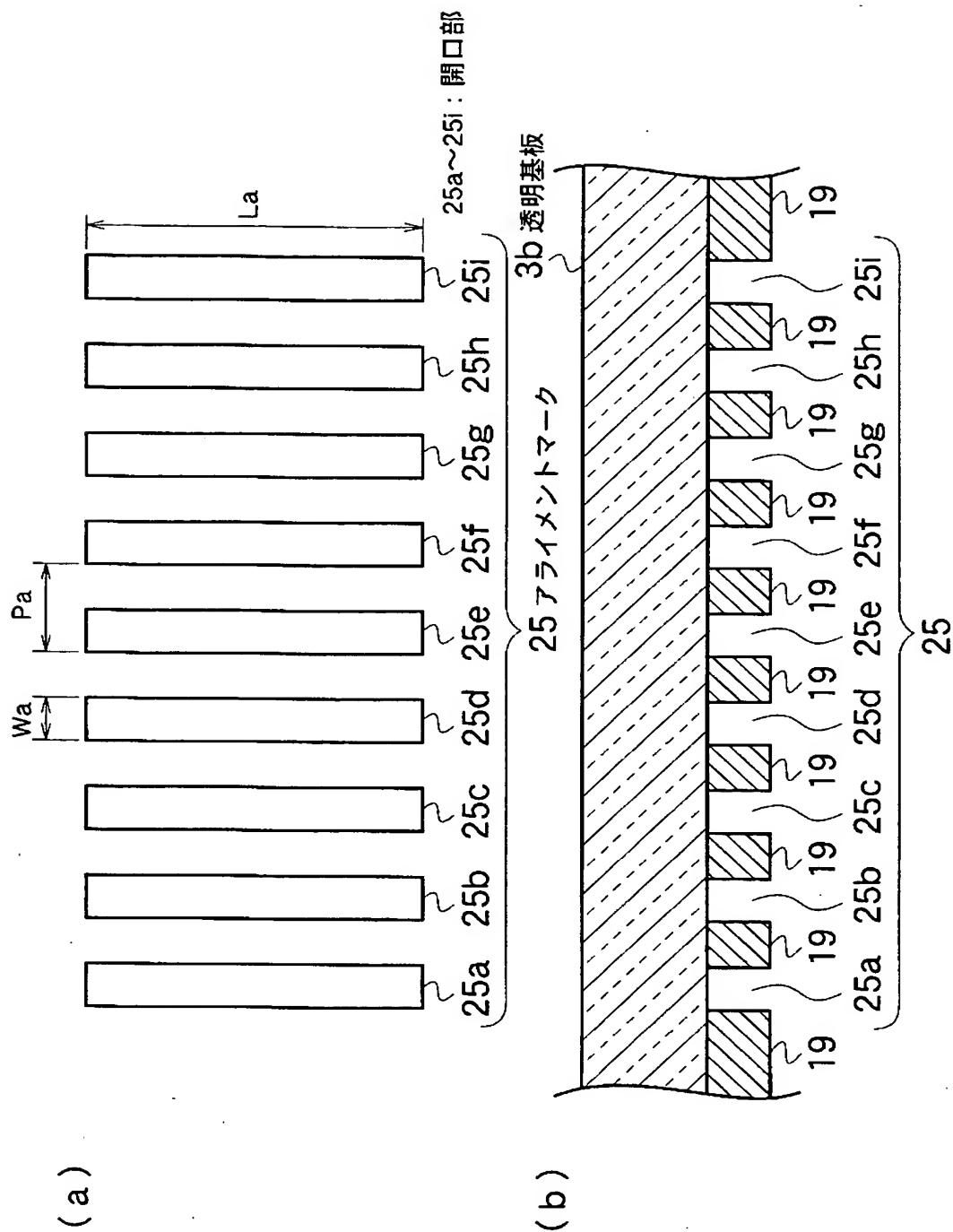
【図 11】



【図 12】

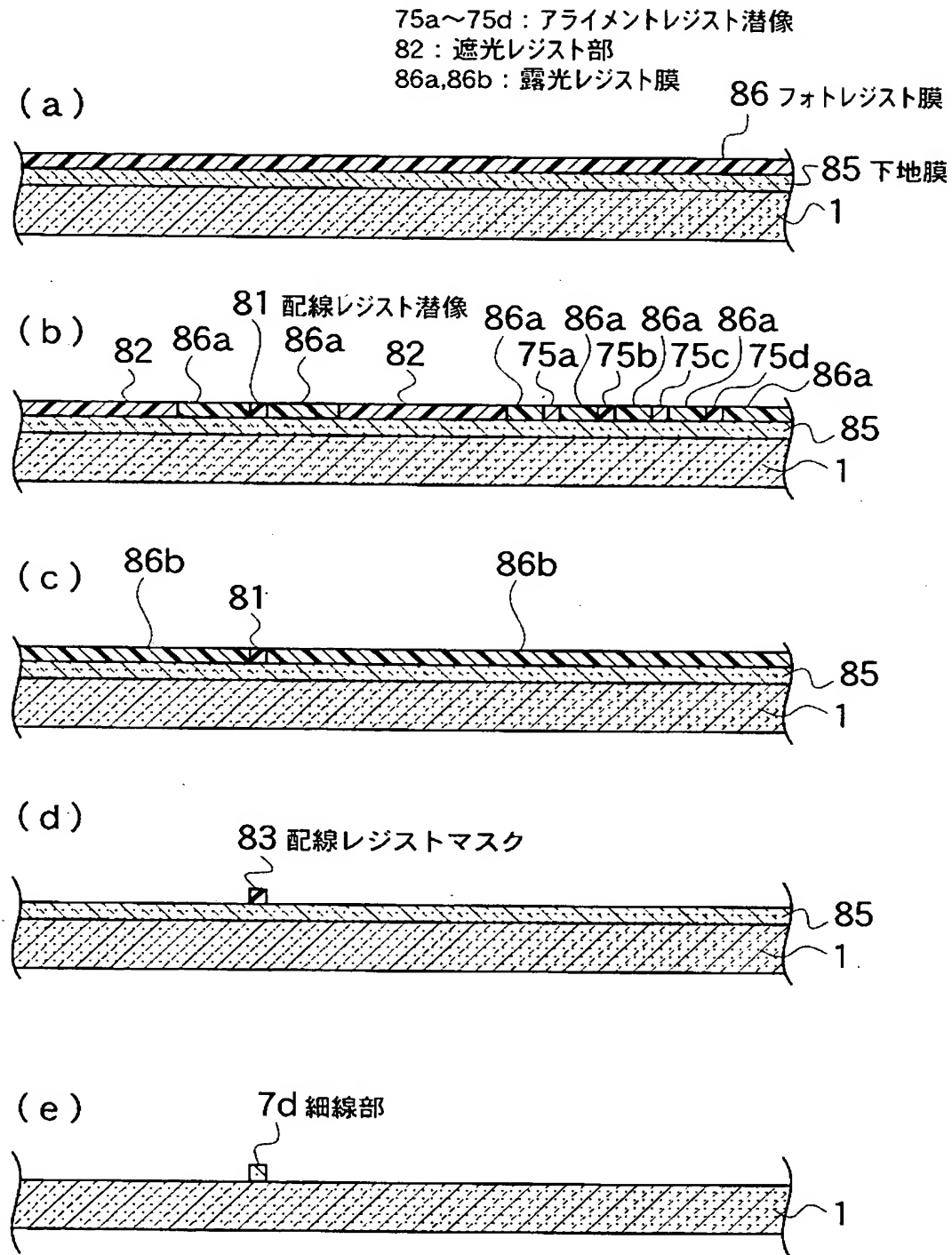


【図 13】

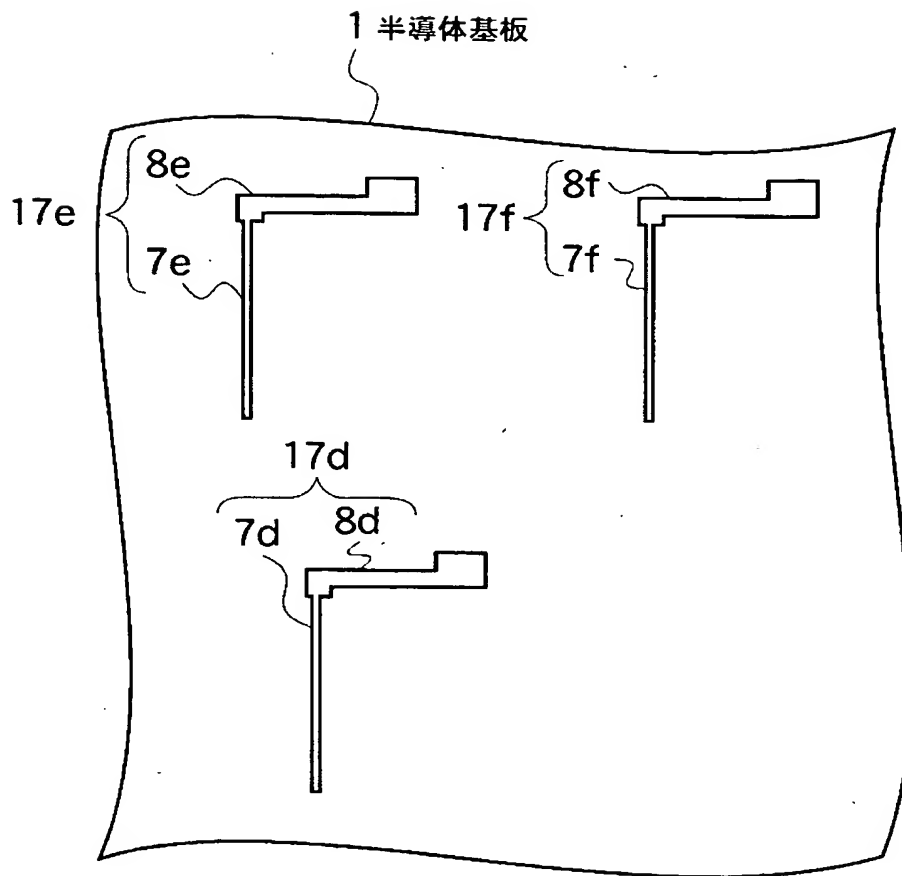




【図 14】



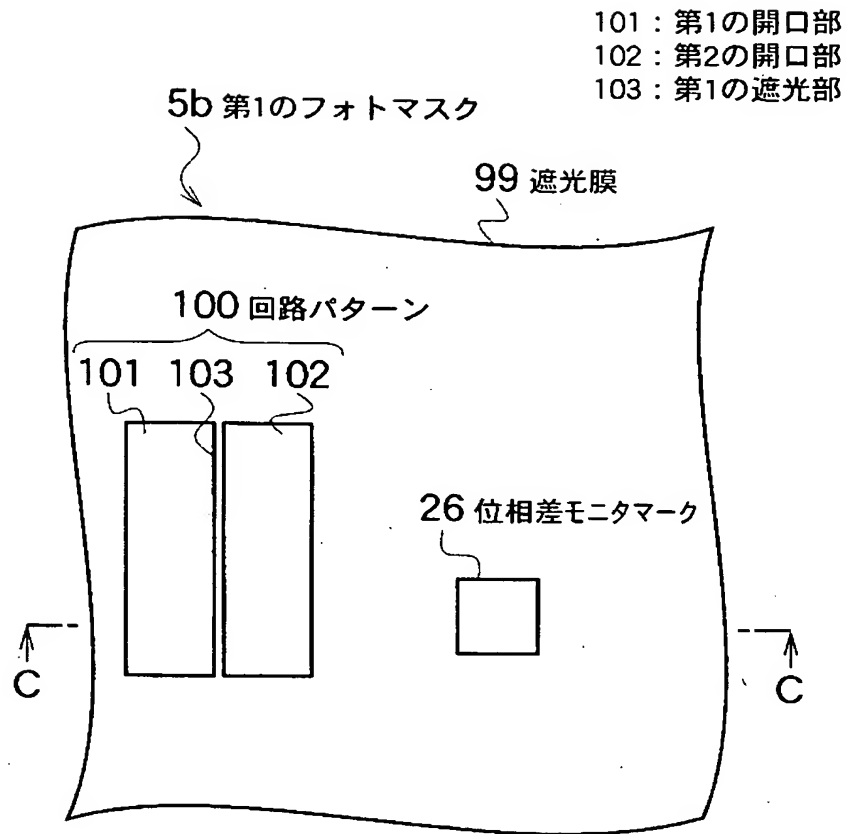
【図 15】



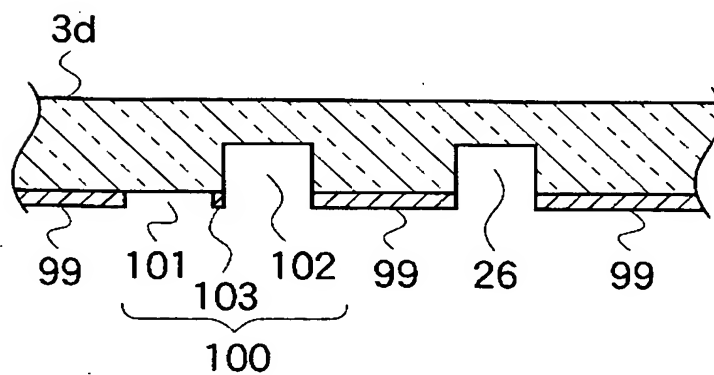
7d~7f: 細線部  
8d~8f: 配線外延部  
17d~17f: 配線

【図 16】

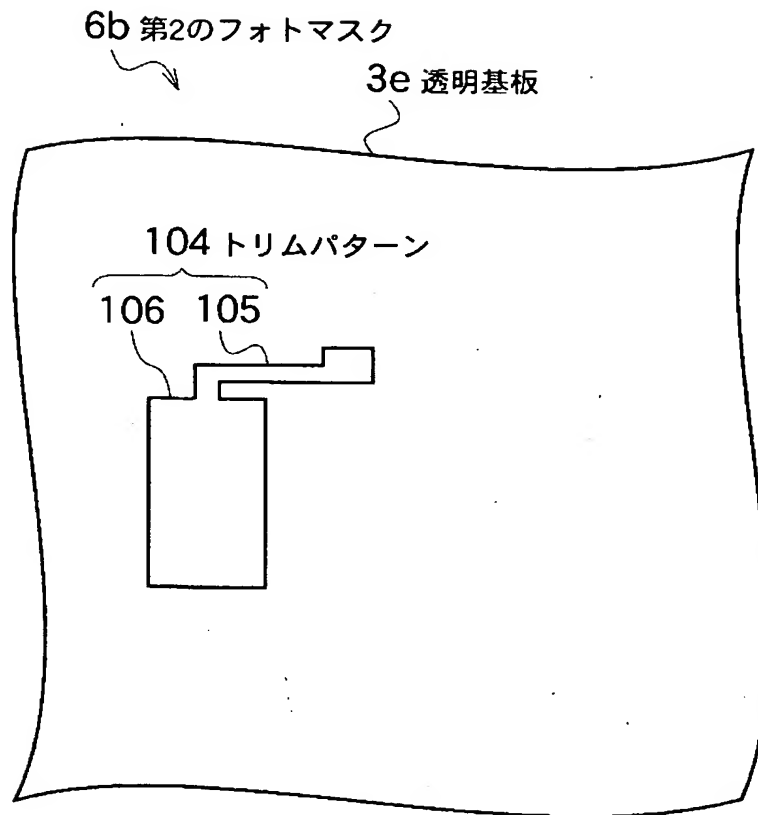
(a)



(b)

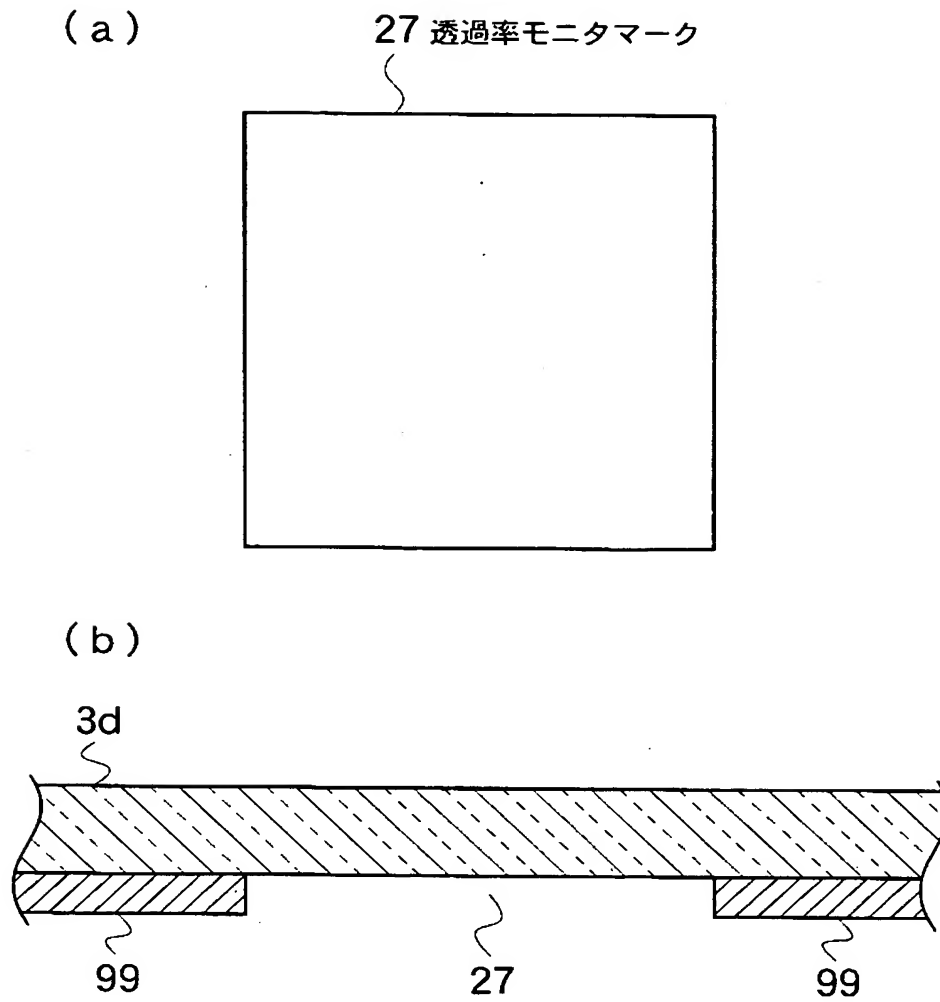


【図 17】

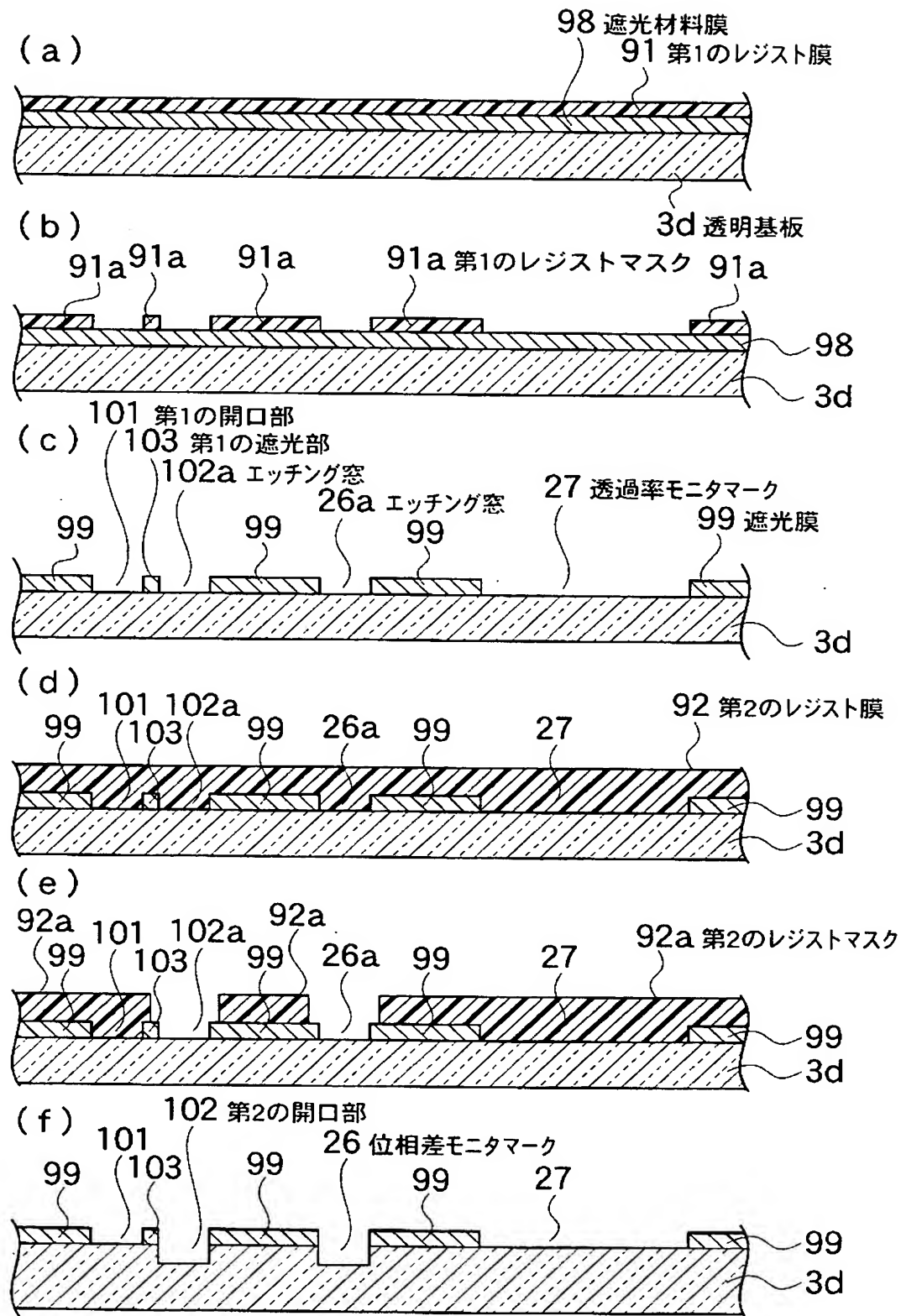


105 : 外延部  
106 : 第2の遮光部

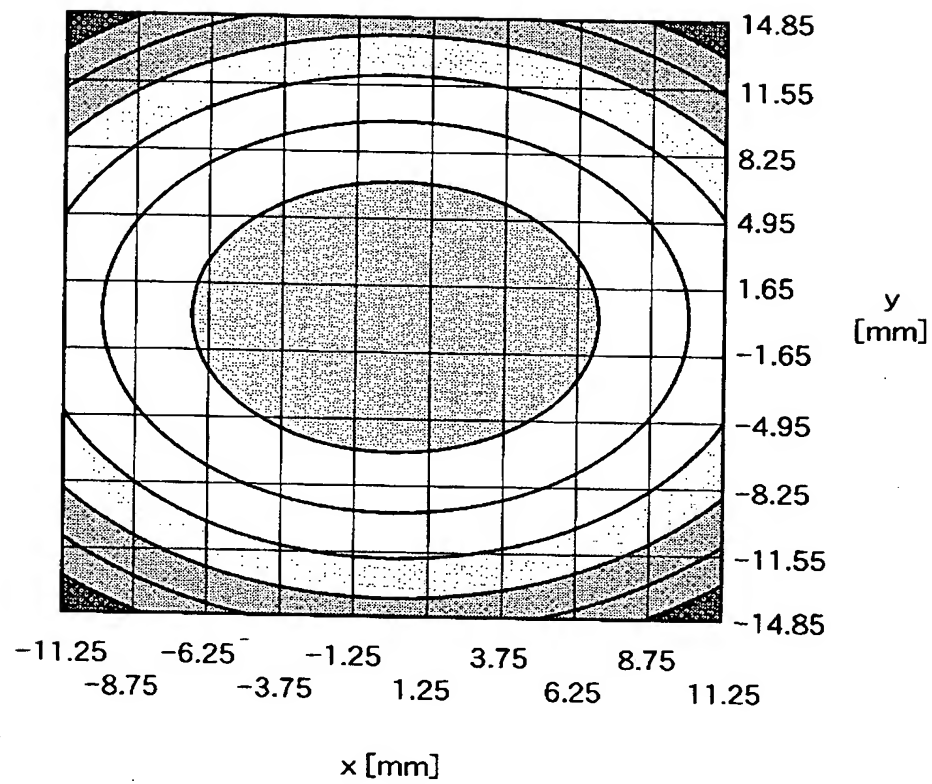
【図 18】



【図19】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2重露光工程における露光条件を高精度にモニタするレチクルセットを提供する。

【解決手段】 線状の第1の遮光部13a～13cを挟んで隣接して配置された第1及び第2の開口部11a～11c、12a～12cを有する回路パターン10a～10c、及び回路パターン10a～10cの近傍に配置されたモニタマークを有する第1のフォトマスク5と、第1のフォトマスク5に合わせたとき、回路パターン10a～10cが占める領域内で、第1の遮光部13a～13cを覆う第2の遮光部、及び第1の遮光部13a～13cの一端に重なり回路パターン10a～10cが占める領域の外部に延在する外延部を有するトリムパターンが配置された第2のフォトマスクとを備える。

【選択図】 図1



特願 2002-352819

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日            2001年   7月   2日  
   [変更理由]            住所変更  
                            東京都港区芝浦一丁目1番1号  
                            株式会社東芝
  
2. 変更年月日            2003年   5月   9日  
   [変更理由]            名称変更  
                            住所変更  
                            東京都港区芝浦一丁目1番1号  
                            株式会社東芝